

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
PEDAGOGICKÁ FAKULTA
KATEDRA BIOLOGIE A ENVIROMENTÁLNÍCH
STUDIÍ

Pohyby rostlin

Plant movement

Vypracovala: Kateřina Vágnerová

Vedoucí bakalářské práce: doc. RNDr. Vasilis Teodoridis, Ph.D.

Praha 2012

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně s vyznačením spoluautorství a všech použitých pramenů. Souhlasím se zveřejněním bakalářské práce podle zákona č. 111/1998 sb., o vysokých školách, ve znění pozdějších předpisů. Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 sb., autorský zákon ve znění pozdějších předpisů.

V Praze dne

podpis

Poděkování

Ráda bych poděkoval svému vedoucímu práce doc. RNDr. Vasilisovi Teodoridisovi, Ph.D. za odborné rady, připomínky a čas který mi věnoval. Paní Mgr. Daně Skokanové za pomoc s praktickou částí práce. Také děkuji celé své rodině a přátelům za podporu při psaní této práce.

Abstrakt

Předkládaná bakalářská práce je rešeršního typu a je tematicky zaměřena na pohyby rostlin. Práce se dělí na dva základní celky. První z nich se podrobně zaměřuje na teoretické poznatky o pohybech rostlin získané z české a zahraniční literatury. Pohyby rostlin jsou v ní rozděleny na pasivní a aktivní a jsou detailně popsány. Pasivní pohyby jsou dále děleny podle druhu působícího činitele. Aktivní pohyby se dále dělí na fyzikální a vitální podle toho, zda je mohou vykonávat živé nebo odumřelé části rostlin. V druhé části jsou vypracované návrhy praktických úloh a jejich ověření v praxi souvisejících s tématem pohybů rostlin. Součástí druhé části jsou také výukové prezentace pro žáky středních škol a pro odborné semináře v rámci výuky na gymnáziích.

Klíčová slova: pohyby rostlin, praktická cvičení, výukové prezentace.

Abstract

Submitted thesis is a background research on the movements of plants. This paper is divided into two main parts. The first part is thoroughly focused both on Czech and foreign theoretical findings about the movements of plants. These movements are identified to be either passive or active and both groups are elaborated on in detail. The passive movements are further divided according to the acting agent. The active movements are distinguished as physical or vital, based on whether they can be performed by the living or dead parts of plants. The second part of this paper contains several thematic practical case researches on plant movements and their verifying in praxis. Main points from content of the theoretical part of this thesis are also worked into educational presentations for high school students.

Key words: plant movements, practical exercises, educational presentations.

Obsah

1	Úvod.....	6
2	Teoretická část.....	8
2.1	<i>Základní rozdělení pohybů rostlin</i>	8
2.2	<i>Pasivní pohyby rostlin.....</i>	9
2.2.1	Anemochorie.....	10
2.2.2	Hydrochorie.....	14
2.2.3	Zoochorie	15
2.2.4	Antropochorie	21
2.2.5	Autochorie.....	22
2.3	<i>Aktivní pohyby rostlin</i>	24
2.3.1	Fyzikální pohyby	24
2.3.2	Pohyby vitální.....	26
3	Praktická část	44
3.1	<i>Návrhy praktických cvičení.....</i>	44
3.2	<i>Ověření praktických cvičení v praxi.....</i>	45
3.2.1	Úloha č. 1 - Pozorování uzpůsobení diaspor k pasivnímu transportu.....	47
3.2.2	Úloha č. 2 - Mikroskopické pozorování fototaktických pohybů chloroplastů....	48
3.2.3	Úloha č. 3 - Hygroskopické pohyby	49
3.2.4	Úloha č. 4 - Fototropismus a geotropismus	50
3.2.5	Úloha č. 5 - Termonastie a seismonastie	51
3.3	<i>Výukové prezentace.....</i>	52
4	Závěr	53
5	Seznam použité literatury	55
6	Seznam příloh	60

1 Úvod

Pohyb živých organismů můžeme registrovat a pozorovat ve svém okolí téměř na každém kroku. Zatímco živočichové se pohybují zpravidla aktivně a zjevným způsobem, vyšší rostliny schopnost aktivního pohybu, tj. z místa na místo, postrádají – jsou tzv. imobilní. Mohlo by se tedy zdát, že díky jejich pevné fixaci v půdě (výjimku tvoří nižší rostliny) je růst jejich jedinou možností, jak využít okolní prostor. Tato myšlenka však není správná. Rostliny se také dokážou pohybovat aktivně. Tento pohyb však nejsme většinou schopni zaznamenat, jelikož se odehrává v delším časovém úseku než pohyby, které si běžně uvědomujeme.

Pohyb rostlin je reakcí na různorodé podněty. Příkladem takových podnětů může být zemská gravitace, světlo nebo dotek. Tyto podněty vždy nezpůsobují okamžitou odpověď ve formě pohybu, jak ho známe (běh, let aj.). U rostlin se tak postupem času vyvinuly různorodé způsoby, jak na vnější impulsy reagovat pohybem zcela svébytným. Stimulace různými podmínkami tak může způsobovat ohýbání, kroucení, prodlužování částí rostlin nebo jejich jednotlivých orgánů. Aktivní reakce na externí stimul však není jediným hnacím motorem anatomických a fyziologických změn v životě vyšších rostlin. Nutnost rozmnožovat se a následně se šířit ve svém prostředí způsobila nejen u vyšších rostlin vývoj mnoha specifických adaptací. Některé rostliny používají semena uzpůsobená k pasivnímu přenosu za pomoci cizího činitele, některé se nepohlavně rozmnožují pomocí hlíz, šlahounů, oddenků nebo klonů z částí těl rodičovské rostliny. Ani při jednom z těchto způsobů se mateřská rostlina aktivně nepohybuje, ale i tento pasivní přenos má velký význam pro šíření určité specifické „rodičovské“ genetické informace do nových stanovišť.

Předkládaná bakalářská práce je rozčleněna na dva samostatné celky. První část práce podrobně popisuje jednotlivé aspekty veškerých známých pohybů rostlinných organismů, aktivních i pasivních. Druhá část je zaměřena na praktické využití těchto informací v rámci laboratorních cvičení na středních

školách a víceletých gymnáziích. Nedílnou součástí druhé části je i sestavené tematické prezentace reflektující základní penzum středoškolského učiva.

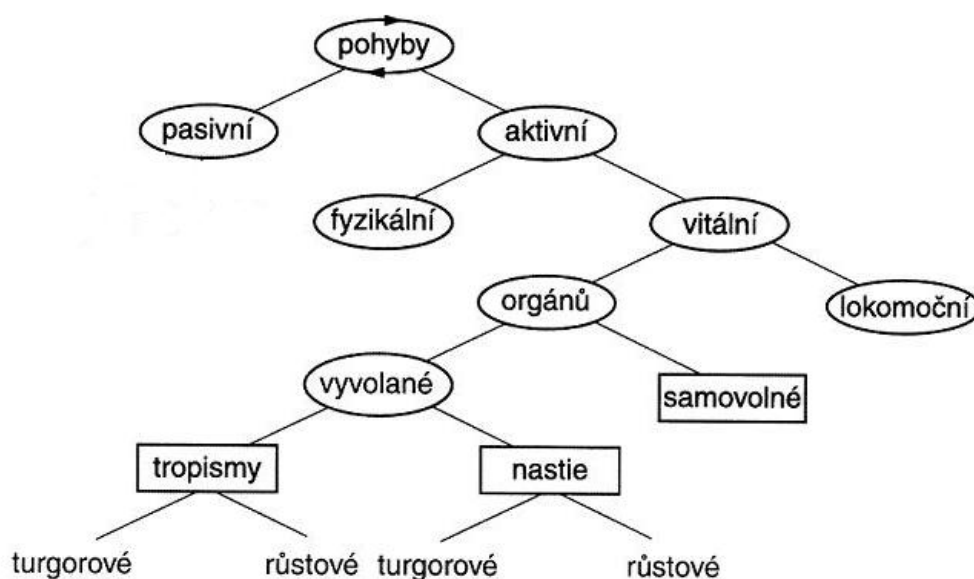
Cíle bakalářské práce:

1. Provedení detailní rešerše dostupné české a zahraniční literatury tématicky zaměřené na popis a klasifikaci aktivních a pasivních pohybů rostlinných organismů.
2. Vytvoření a kompletace tematických souborů praktických úloh a výukových materiálů a jejich částečné ověření v praxi na SŠ.

2 Teoretická část

2.1 Základní rozdělení pohybů rostlin

Viditelné reakce rostlin na podráždění se mohou projevit jako pohyby. Podle různých kritérií dělíme pohyby rostlin na kategorie (Kincl a Faustus, 1987), které jsou schematicky prezentovány v následujícím přehledu (obr. č. 1).



Obr. č. 1 - Základní schematické rozdělení pohybů rostlin podle Luštince a Žárského (2005).

Primárně můžeme pohyby rostlin rozdělit podle Luštince a Žárského (2005) na **pasivní** a **aktivní** (viz obr. č. 1). Pokud jsou pohyby rostlin vyvolané pohybem vnějšího prostředí (vzduch, voda, živočichové), poté mluvíme o pohybech pasivních, které mohou vykonávat i mrtvé nebo ulomené části rostlin. Pokud se jedná o procesy probíhající v rostlinách, poté mluvíme o pohybech aktivních. Pohyby pasivní dále můžeme podle Opravila (1987) dělit na: a) transport plodů a semen pomocí vzdušných proudů – **anemochorie**, b) transport prostřednictvím vodních proudů – **hydrochorie**, c) transport za pomoci zvířat – **zoochorie**, d) transport za pomoci člověka – **antropochorie**, e) transport za pomoci „vlastních sil“. Více se tomuto tématu věnuje druhá kapitola Pasivní pohyby rostlin.

Aktivní pohyby dělíme na **fyzikální** a **vitální**. Fyzikální pohyby mohou vykonávat nejen živé části rostlin, ale i části odumřelé, jako například šišky, lusky, nebo úbory. Kincel a Krpeš (2000) tyto pohyby dále dělí na pohyby **hygroskopické**, **kohezní** a **explozivní**. Vedle toho pohyby vitální vykonávají pouze živé rostliny. Rozlišujeme je na pohyby z místa na místo = **lokomoční**, které jsou typické pro nižší rostliny. A na pohyby rostlin pevně přisedlých, kdy se hýbou jen některé části (orgány) rostlin, proto jim říkáme pohyby **orgánové** (Kincel a Krpeš, 2000). Orgánové pohyby mohou být vyvolané jednak vnějším prostředím, poté se jedná o **tropismy** a **nastie**. Přičemž u tropismů je rozhodující směr podnětu – jedná se o pohyby orientované. Nastie nejsou závislé na směru podnětu, a proto jsou označovány jako pohyby neorientované. Oba dva typy pohybů můžeme rozdělit na pohyby růstové, způsobené rozdílným růstem na stranách ohýbajícího se orgánu a na turgorové, kde záleží na změnách tlaku v určitých buňkách (Procházka a kol., 2005). Pokud jsou orgánové pohyby regulované vnitřními mechanismy bez ohledu na změny vnějších podmínek, jedná se o pohyby **samovolné** (autonomní) (Kincel a Faustus, 1978). Jednotlivé pohyby jsou podrobněji rozpracované v dalších kapitolách teoretické části práce.

2.2 Pasivní pohyby rostlin

Pasivní pohyby rostlin jsou takové, které nemají původ v rostlině, ale jsou výsledkem působení sil mimo rostlinu. V zásadě jde o přenos rostliny nebo její části vnějšími činiteli, například přemísťování větrem, vodními proudy, živočichy nebo člověkem (Kincel a Krpeš, 2000). Jakékoliv části rostlin oddělené od mateřské rostliny, schopné vyrůst v novou rostlinu, se nazývají **diaspory**. Jedná se například o výtrusy, semena, plody, rozmnožovací pupeny, oddělené kusy stélky. Diaspory se rozšiřují do okolí různými způsoby, různě daleko v závislosti na jejich morfologii. Šíření diaspor od mateřské rostliny se nazývá diseminace. Přísun diaspor na stanoviště je základem pro možný výskyt populací ve společenstvu. Většina stanovišť má ustavičný plynulý přísun diaspor různých druhů z různě velkých vzdáleností (Slavíková, 1986).

Přísun diaspor na jednotku plochy stanoviště je funkcí několika proměnných. Podle Slavíkové (1986) závisí na:

- výšce a vzdálenosti od zdroje šíření diaspor,
- koncentrace zdroje diaspor,
- způsobilosti diaspor k šíření (např. jejich hmotnost, různých morfologických útvarů na semenech a plodech: chmýru, křídlech, blanitých lemech, háčcích),
- aktivitě rozšiřujícího činitele.

Rozšiřování diaspor je zajištěno různými způsoby. Opravil (1987) klasifikuje pasivní pohyby podle druhu působícího činitele na níže uvedené a detailně charakterizované typy rozšiřování diaspor – a) anemochorie – transport větrem, b) hydrochorie – transport vodou, c) zoochorie – transport za pomoci zvířat, d) antropochorie – transport za pomoci člověka, e) autochorie – roznos „vlastními silami“.

2.2.1 Anemochorie

Anemochorie je šíření diaspor pomocí větru a vzdušných proudů. Většina diaspor, které využívají vítr ke svému roznosu, je poměrně malá a lehká, například semena orchidejí. Dalším typickým znakem je vysoká produkce semen, v některých případech až několik milionů. Pokud diaspory dosahují větší hmotnosti, mají nejrůznější zařízení, které jim usnadňují plachtění (Mares, 1999). Například chmýr u pampelišky (*Taraxacum*), trichomy různého původu na semenech topolů (*Populus*). U těžších diaspor se vyskytují blanitá křídla nebo lemy, například u javoru (*Acer*). Vzdálenost a směr roznosu od mateřské rostliny nezávisí pouze na váze a přizpůsobení semene, ale i na výšce rostliny a síle větru. Bylo zjištěno, že některé rostlinné diaspory mohou být zanášeny až několik set až tisíc metrů. Podle způsobu roznosu můžeme anemochorní rostliny rozdělit na letce, běžce a balisty (Opravil, 1987) (viz tabulka č. 1).

Název	Strategie roznosu
Letci	Malá váha Uzpůsobení diaspor k letu
Běžci	Pohyb celé rostliny
Balisté	Bez přímého uzpůsobení, vytrásání

Tabulka 1 – Rozdělení anemochorních rostlin podle Opravila (1987).

2.2.1.1 Letci

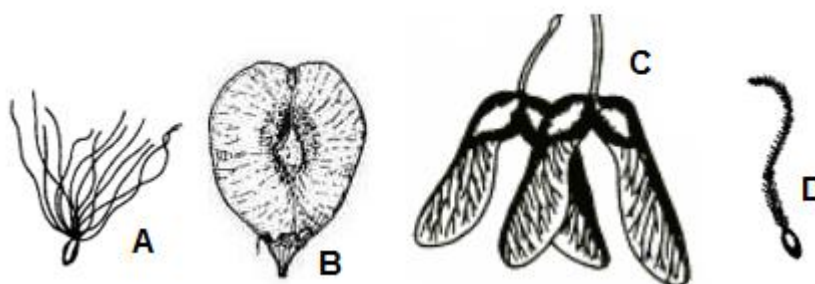
Roznášení diaspor větrem je v podstatě nejstarší způsob šíření a u vývojově nižších skupin je i nejrozšířenější. Po celé zeměkouli se vznáší v ovzduší miliardy nepatrných bakterií, výtrusů hub, mechorostů a kapradňorostů. Nepatrné výtrusy se vzduchem šíří velmi snadno, na rozdíl od výtrusu jsou semena útvary vícebuněčné a viditelné pouhým okem. Prachová semena jsou svými rozměry a nepatrnou hmotností ideálně vybavena ke vzdušné plavbě a vedle výtrusů patří k těm nejmenším letcům v rostlinné říši. Mezi prachová semena řadíme i semena vstavačovitých rostlin (Orchidaceae) – orchideje (obr. č. 2A). Již nepatrné vzdušné proudy je mohou přemísťovat na značné vzdálenosti. Podobná prachová semena známe u čeledi zárazovitých (Orobanchaceae). Jsou jen o něco málo větší než semena orchidejí.



Obr. č. 2 – A - prachové semeno orchideje (Orchidaceae), B- chmýr pampelišky (*Taraxum*) (Rastogi, 2004), C – chmýr pampelišky (autorka).

Větší a těžší semena a plody létají pomocí různých zařízení, která se k tomuto účelu vyvinula. Velmi častý je způsob, při němž semena a plody létají za pomoci chmýru nebo různě dlouhých trichomů. Chmýr vznikl přeměnou kalichu, zatímco trichomy vyrůstají z povrchových buněk osemení. Často bývá chmýr na stopce a nažka pod ním zavěšena, jako parašutista, například u pampelišky

(obr. č. 2B, C) (*Taraxacum*) nebo kozí brady (*Tragopogon*). Trichomy může být pokryt celý povrch semene, třeba u bavlníku (*Gossypium*), nebo jen horní část - vrbovka (*Epilobium*) (obr. č. 3A). Plocha vystavená působení větrných proudů je dána délkou a složitostí chmýru. Některé rostliny mají místo chmýru blanité lemy nebo křídla. Jejich semena jsou ve většině případů větší a těžší než u předchozích typů. Široký lem u jilmového (*Ulmus*) semena (obr. č. 3B) vytváří blanité oplodí, za silnějšího větru můžeme semena nalézt až stovky metrů od mateřského stromu. Podobná semena má křídlatec trojlistý (*Ptelea trifoliata*). Dalším typem je rozpadavá okřídlená dvounažka u javoru mléče (*Acer platanoides*) (obr. č. 3C). U plaménku (*Clematis*) můžeme najít nažky s nápadně dlouhými pérovitě chlupatými přívěsky (obr. č. 3D). Malá křidélka mají i semena jehličnanů, která za sucha vypadávají ze šišek (Opravil, 1987).



Obr. č. 3 – Typy uzpůsobení anemochorních rostlin A – trichomy u vrbovky (*Epilobium*), B – lem u jilmu (*Ulmus*), C – dvounažka u javoru (*Acer*) D – nažka s pérovitě chlupatými přívěsky u plaménku (*Clematis*) (Vincent, 1990).

Pravděpodobná vzdálenost rozptylu při rychlosti větru 4 m s^{-1} zjištěná u pýchavky obecné (*Lycoperdon palatum*) je 26 000 km, u plavuně (*Lycopodium*) 19 km, u smetánky lékařské (*Taraxacum officinale*) 580 m, u břízy (*Betula*) 90m, u smrku ztepilého (*Picea abies*) 6m a u jasanu ztepilého (*Fraxinus excelsior*) 2m od mateřské rostliny (Slavíková, 1986).

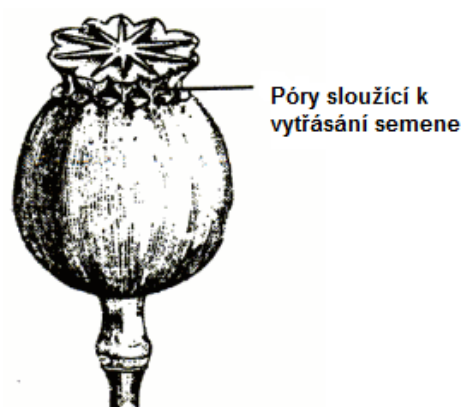
2.2.1.2 Běžci

Pomocí vzdušných proudů se šíří nejen letci, ale i velmi zajímavá skupina běžců. Jedná se převážně o běžce stepní a sněžné. Objevují se na volných prostranstvích, mezích, pastvinách a polních cestách. Po uzrání semen, celá rostlina usychá. Uschlá, křehká lodyha brzy povolí pod nápořem větru. Rostlina

je větrem unášena od svého původního místa zakořenění a cestou roztrušuje zralé plody. U nás se vyskytují katrán tatarský (*Crembe tatarica*), srpek obecný (*Falcaria vulgaris*) máčka ladní (*Eryngium campestre*), řeřicha rumní (*Lepidium ruderale*) a šáter latnatý (*Gypsophila paniculata*) (Opravil, 1987). Velmi zajímavým případem běžce je plavuň *Selaginella lepidophylla* neboli nepravá růže z Jericha vyskytující se přirozeně v pouštních oblastech západní Asie (Sýrie, Egypt), ale také v pouštích v Texasu a Mexika.

2.2.1.3 Balisté

Balisté jsou rostliny, které nemají žádné zvláštní přizpůsobení k plachtění. Názorným příkladem jsou máky (*Papaver*) (obr. č. 4). Máky mají tobolky, na tenkých pružných lodyhách, které jsou pomocí větru rozkývávány a semena jsou z nich vytřásaná do okolí malými otvory, které se vytvoří, když tobolka vyschne (Gutterman, 2002).



Obr. č. 4 – Tobolka máku (*Papaver*) na dlouhé lodyze (Pushkar, 2004).

2.2.1.4 Kombinovaná anemochorie

Výborným příkladem kombinované anemochorie je divizna velkokvětá (*Verbascum densiflorum*), která dorůstá až dvou metrů. Jelikož jsou semena vytrásána z velké výšky, můžeme ji řadit do skupiny balistů. Zároveň jsou semena lehká, a proto mohou být odnášena větrnými poryvy stejně jako skupina letců (Opravil, 1987).

2.2.2 Hydrochorie

Šíření diaspor prostřednictvím vody v podobě srážek, závlah, vodních toků nebo vodní eroze ve svažitém terénu se nazývá hydrochorie. Dochází tak k rozšiřování nejen vodních rostlin, ale i rostlin pobřežních a rostlin suchozemských, rostoucích v blízkosti vod. Diaspory jsou dobře přizpůsobeny různými plovacími zařízeními, například vzdušnými vaky na semenech u leknínu (*Nymphaea*) nebo plovacími pletivy na semenech kosatců (*Iris*) (Mikulka a kol., 2005). Semena a plody roznášené vodou si postupem času vytvořily celou řadu prostředků, které zvyšují jejich odolnost proti vlhkosti a proti proniknutí vody k semeni, což by mohlo narušit jeho klíčivost. Zároveň jim pomáhají udržet se dlouhou dobu nad hladinou (Opravil, 1987).

K hydrochorním rostlinám, které můžeme nalézt na území České republiky, patří pryskyřník plamének (*Ranunculus flammula*), jehož plochá nažka se může vznášet na vodní hladině až 5 dní. Dále semena stulíku žlutého (*Nuphar lutea*), semena kosatce žlutého (*Iris pseudacorus*) a rekordmanem na našem území jsou semena opletníku plotního (*Calystegia sepium*), která se mohou vznášet až 33 měsíců (Opravil, 1987). S nejzdatnějšími a největšími plavci se však setkáváme v mořských vodách. Některé plody a semena roznášené mořskými proudy jsou charakteristické relativně velkými rozměry. Endemický druh palmy lodoicea seychelská (*Lodoicea maldivica*) plodí „dvojité“ kokosový ořech (obr. č. 5 a 6), který váží až 30 kg a obsahuje 50 cm dlouhé dvoulaločnaté semeno. Tento plod je i přes svou značnou hmotnost schopný plavat velmi dlouho, ale pokud mořská voda působí příliš dlouho, může být ořech poškozen. Právě pro svou značnou velikost a schopnost plavat se těmto plodům v historii připisovaly

záračné schopnosti a byly opředeny celou řadou pověr (Ingrouille a Eddie, 2006).



Obr. č. 5 - *Lodoicea seychelská* - A - průřez plodem, B – ořech, C – mateřský strom, D – plod bez tvrdé slupky (Longman, 1995). Obr. č. 6 - Ořech palmy *Lodoicea seychelská* (*Lodoicea maldivica*) vážící až 30 kg (Chan, 2003).

Plody kokosovníků ořechoplodých (*Cocos nucifera*) patří též mezi známé „plavce“. Kokosy jsou jednosemenné peckovice. Obal plodu je tvořen kožnatým exokarpem a vláknitým mezokarpem, který zajišťuje schopnost plavat. Endosperm se skládá z bílé vnější vrstvy a tekutého středu, kokosového mléka. Bylo demonstrováno, že kokosový zárodek je schopen vyklíčit i po 100 dnech „plavby“ v moři. Dalším zástupcem z řad plovoucích gigantů je entada velkoluská (*Entada gigas*), popínavá bobovitá liána. Její plody mají formu 12 cm širokých a 1 m dlouhých lusků. Zralý plod se rozpadne na několik samostatně plovoucích fragmentů, které jsou unášeny mořskými proudy (Ingrouille a Eddie, 2006).

2.2.3 Zoochorie

Zoochorie je způsob šíření diaspor živočichy. Zvířata mohou rozšiřovat diaspory nejrůznějšími způsoby - na povrchu svých těl v srsti, nebo mohou projít jejich trávicím traktem. Živočichové mohou šířit diaspory naprosto nevědomky, nebo

úmyslně do stanovišť, kde by jinak výskyt nebyl možný (Seckbach a Dubinky, 2011). Základní rozdělení typu zoochorií podle Opravila (1987) viz tabulka č. 2.

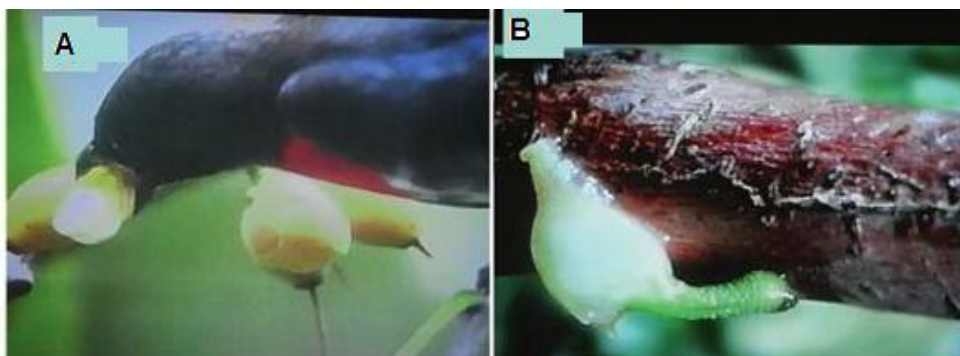
Typ zoochorie	Stručná charakteristika
Endozoochorie	Průchod trávícím traktem, diaspora je potravou pro živočicha.
Epizoochorie (exozoochorie)	Nevědomý přenos na povrchu živočicha.
Synzoochorie	Šíření uvědomělou činností živočichů – stavba hnízd, zásoby.

Tabulka 2 – Druhy zoochorií podle Opravila (1987).

2.2.3.1 Endozoochorie

Endozoochorie znamená šíření semen zažívacím traktem živočichů, kdy je plod pozřen a dochází ke strávení pouze dužnatého oplodí. Nepoškozené semeno je dál šířeno společně s trusem. Plody některých druhů rostlin dokonce vyžadují průchod trávícím traktem živočichů, aby byla přerušena dormance, a semena byla klíčivá (Slavíková, 1986). Při průchodu trávícím traktem se narušuje tvrdé osemení a klíček tak snáze prorazí (Opravil, 1987).

Nejdůležitější přenašeči semen jsou ptáci a savci. Na přenosu životaschopných semen se však podílí i široké spektrum dalších živočišných druhů včetně želv a ryb. V tropických deštných pralesích může být pomocí endozoochorie roznášeno až 90% semen stromů. Transport semen zvířaty v tropických deštných pralesích byl důležitou součástí vývoje jak strunatců, tak stromové vegetace. Při zmenšení počtu roznášců z řad velkých savců může docházet k ústupu stromové vegetace (Seckbach a Dubinsky, 2011). Mezi nejvýznamnější přenašeče však stále patří ptáci (obr. č. 7). Cizopasně rostliny, jako jsou například jmelí (*Viscum*) nebo ochmet (*Loranthus*) by, bez nich vymřely. Jejich semena se šíří ze stromu na strom pomocí trusu drozdů (*Turdus*) (Opravil, 1987).



Obr. č. 7 – Roznos dužnatých plodů ptáky na hostitelský strom. A – pták pozře plod, B – semeno s trusem zachyceno na větvičce hostitelského stromu; počátek klíčení (Seckbach a Dubinsky, 2011).

Základní taktikou rostlin je přilákat „plodožravce“ na svůj plod, který stráví, přičemž se však semeno nesmí poškodit trávicími šťávami. K nalákání je využito barvy plodu, barevného kontrastu s okolím, vůně nebo velikost plodu. Pozorováním bylo zjištěno, že černé a červené plody přitahují více ptáky, kdežto plody zelené, žluté a bílé jsou atraktivní spíše pro savce. Odměnou pro „strávníky“ je dužina s obsahem zásobních látek (sacharidy, lipidy), proteinů a vody (Seckbach a Dubinsky, 2011).

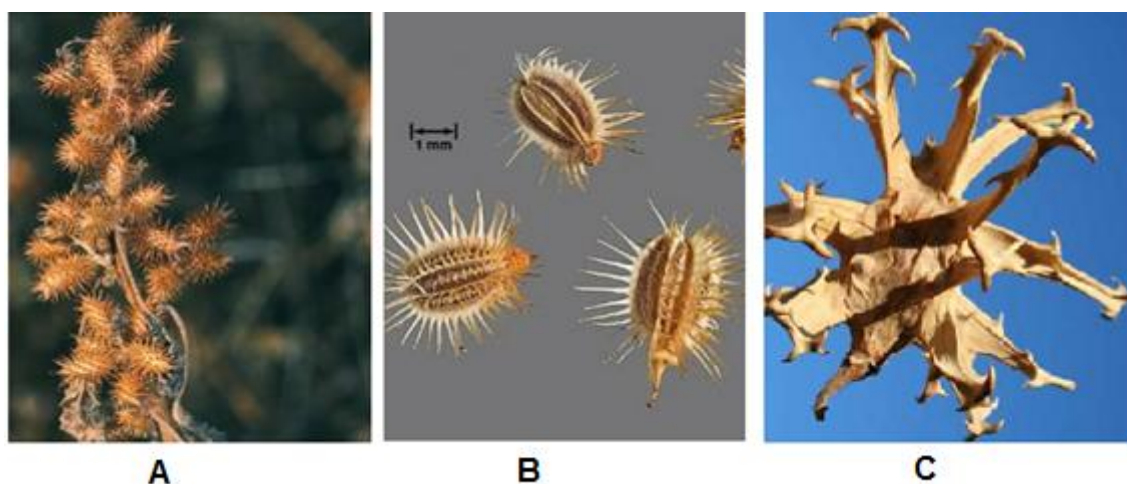
Jako klasickým příklad toho, že průchod semene trávicím traktem může mít zásadní vliv na klíčení je uváděna symbióza vyhynulého ptáka dronte mauricijského (*Raphus cucullatus*) a mauricijské dřeviny *Sideroxylon grandiflorum*. Velmi známá je hypotéza amerického ekologa Stanleyho Temple (1977), který si povšiml, že po vymření ptáka dronte mauricijského nastal dramatický ústup dřeviny *Sideroxylon grandiflorum*. Temple provedl experiment, při kterém se pokusil nahradit již vymřelé ptáky dronte krocany, ale ukázalo se, že semena byla pravděpodobně schopna reagovat pouze na specifické prostředí trávicího traktu ptáka dodo (Seckbach a Dubinsky, 2011). Na začátku devadesátých let dvacátého století však byla Templova práce podrobena značné kritice a její výsledky byly s konečnou platností vyvráceny (Mark Witmer a Anthony Cheke, 1991).

2.2.3.2 Epizoochorie (exozoochorie)

Epizoochorie (exozoochorie) je pasivní transport diaspor na povrchu těla živočichů. Různé rostlinné druhy mají povrch plodů a semen uzpůsobený ke

snadnému zachytávání v srsti zvířat, a mohou tak být přenášeny na dlouhé vzdálenosti. Některé diaspory jsou vybaveny háčky, trny, bodlinami, jiné vylučují přilnavou tekutinu. Kromě transportu slouží modifikace i jako obrana před predátory. Takto šířené diaspory nebývají pro zvířata vizuálně přitažlivé. Úspěch jejich přenosu závisí převážně na náhodných setkáních se zvířaty. Častokrát si zvířata sama nejsou vědoma přítomnosti diaspor. Diaspory přilnou do vlny, kožichu nebo peří zvířat, či na šaty nebo obuv lidí. Postupem času se uvolňují a vypadávají ze srsti na zem (Seckbach a Dubinsky, 2011).

Diaspory mohou být přenášeny třemi základními způsoby: (1) trny ve tvaru háčků, které se přichytí do srsti, peří nebo na oděv; (2) lepivou látkou na diaspoře, kterou přilne ke zvířeti; (3) spadnutím do bláta a přilepením se na chodidla zvířat. První dva typy přenosu vyžadují vytvoření speciálních útvarů na diaspoře, kdežto třetí typ žádné speciální úpravy nepotřebuje, přenášejí se tak diaspory všeho druhu ležící na zemi (Van Rheede a kol., 1999).



Obr. č. 8 – Epizoochorní přizpůsobení rostlin. A – řepeň durkoman (*Xanthium strumarium*), B – nažky mrkve obecné (*Daucus carota*), C – plody harpagofyta ležatého (*Harpagophytum procumbens*) (DiTomaso a Healy, 2007).

Typický příklad epizoochorie je například rostliny řepeň durkoman (*Xanthium strumarium*), její souplodí se drží v srsti zvířat pomocí tuhých hákovitě zakončených chloupků, které pokrývají celé semeno (obr. č. 8A). Dalším z příkladů rostlin s epizoochorním přizpůsobením diaspor jsou rostliny z čeledi miříkovitých, například mrkev obecná (*Daucus carota*) nebo tořice japonská (*Torilis japonica*), které mají háčky a trny zamotávající se do srsti (obr.

č. 8B) (Seckbach a Dubinsky, 2011). Dalším z příkladů je harpagofyt ležatý (*Harpagophytum procumbens*), druh objevující se v suchých, písčitých oblastech Jižní Afriky (obr. č. 8C). Má plody vybavené řadami zrohovatělých výběžků, které nesou zahnuté trny a dva krátké vztyčené rohy na povrchu. Pokud na zralý plod stoupne zvíře, zahnuté trny se velmi pevně přichytí zesponu k jeho chodidlu a zvíře má pak velké problémy se plodu zbavit. Při zápolení je plod rozdupán na malé kousky, čímž jsou uvolněna semena (Van Rheede a kol., 1999).

2.2.3.3 Synzoochorie

Synzoochorie je úmyslný zevní transport diaspor, které živočichy nějakým způsobem lákají. Diaspory jsou při tomto typu přenosu nasbírány buď jako zásoba před zimou, krmivo pro mláďata nebo pro přežití při velmi suchých obdobích. Zvířata však často na své zásobárny zapomenou nebo nespotebují všechny nastřádané plody a semena, které pak mohou vyklíčit v novou rostlinu. Přežití diaspor se v takovém případě může zdát spíše náhodné, ale i relativně malý objem takto zachovaných diaspor činí vzhledem k celkovému množství ze synzoochorie regulérní způsob roznosu pro mnoho druhů rostlin (Van Rheede a kol., 1999).

Tento způsob roznosu je typický především pro hlodavce a ptáky. Nejznámějšími „roznašeči“ z řad ptáků jsou ořešník kropenatý (*Nucifraga caryocatactes*), který se živí převážně plody dubu, buku, kaštanu, lísky a sojka obecná (*Garrulus glandarius*), která schovává oříšky a žaludy. Například v Německu sledované sojky dokázaly přepravit řádově tisíce žaludů za sezónu na vzdálenost až čtyř kilometrů. Datel černý (*Dryocopus martius*) a ořešník kropenatý jsou také zodpovědní za roznos borovice limba (*Pinus cembra*) v Alpách (Seckbach a Dubinsky, 2011). Z řad hlodavců můžeme jmenovat veverku obecnou (*Sciurus vulgaris*), která je schopná uskladnit na zimu až 500 šišek, křečka polního (*Cricetus cricetus*), hraboše polního (*Microtus arvalis*), myšici křovinnou (*Apodemus sylvaticus*) a myšici lesní (*Apodemus flavicollis*), které jsou schopné nastřádat si až 1500 žaludů během 9 dnů (Opravil 1987). Ne zcela úmyslnými roznašeči jsou brouci z čeledi chrobákovitých

(*Geotrupidae*), kteří jsou známí roznosem semen z hromádek výkalů, kterými se snaží nakrmit své larvy. (Seckbach a Dubinsky, 2011).

Myrmekochorie

Roznos diaspor mravenci se nazývá myrmekochorie. Myrmekochorie je někdy označována jako specifický typ synzoochorie (Seckbach a Dubinski, 2011). Je to forma mutualistického vztahu, ve kterém rostliny získají výhodu snadného rozptýlu a mravenci jsou odměněni potravou. Tento způsob transportu byl zaznamenán u více než 80 čeledí mravenců a hraje významnou roli v množství společenstev, zejména v listnatých lesích Evropy a Severní Americe a křovinatých oblastí Austrálie a Jižní Afriky.



Obr. č. 9 – Vlevo – semena vlaštovičníku (*Chelidonium majus*) většího s elaizómy. Vpravo – mravenec vlečící semeno rostliny (Seckbach a Dubinsky, 2011).

Myrmekochorie je pro některé rostliny klíčová, kdežto u jiných může působit pouze jako sekundární mechanismus; například u mnoha luštěnin po rozpadu lusu. Druhy, které mravenci tímto způsobem roznáší, mají většinou na povrchu semene dužnatý přívěsek, zvaný elaiozóm (česky masíčko) (obr. č. 9). Elaiozóm je měkký masitý přívěsek obsahující živiny; vzniká zbujením vaječných obalů a obsahuje olej, cukr, škrob a vitamíny B a C. Právě on slouží mravencům jako lákadlo a posléze potrava. Pokud mravenci takové semeno s přívěskem najdou, odnesou si ho do mraveniště (až 60 m od mateřské rostliny), kde je elaiozóm mravencem sněden a nedotčené, stále živé semeno je následně vyneseno spolu s dalším nepotřebným materiálem ven z mraveniště (Fenner a

Thompson, 2005). Obdobným případem je hřebínek, který však vzniká zbužením poutce. V našich podmínkách se s myrmekochorií můžeme setkat například u rodů violka (*Viola*), bika (*Luzula*), vlaštovičník (*Chelidonium*) nebo dymnivky (*Corydalis*) (Slavíková, 1986).

2.2.4 Antropochorie

Antropochorie je šíření diaspor člověkem, někdy řazená pod zoochorii díky prolínání některých mechanismů. Lidé mají na roznos semene a plodů zásadní vliv. Člověk může roznést semena a plody mnohem dál, než jakýkoliv přírodní proces. Roznos může být nevědomý. Diaspory jsou schopny se přichytit na oděv, na podrážky bot, jsou požitky s jídlem nebo se může jednat o roznos záměrný. Člověk záměrně transportuje především zemědělské plodiny a okrasné rostliny. Tato aktivita však nepřináší pouze pozitiva v obohacení jídelníčku nebo zkrášlení zahrad. Mnoho takto nepřírozeně transportovaných rostlin se ve svém novém „domově“ stalo problémem. Například pěnišník (*Rhododendron*) v Anglii, nebo blahovičník (*Eucalyptus*) v některých zemích včetně Jižní Afriky, či bolševník velkolepý (*Heracleum mantegazzianum*) na našem území (obr. č. 10). Kromě plánovaných mechanismů roznosu existuje i mnoho mechanismů roznosu náhodného. Rozvoj dopravy velmi přispěl k roznosu semen na velké vzdálenosti mezi státy a kontinenty. K převozu diaspor nebo celých rostlin často dochází lodní, vlakovou nebo leteckou dopravou. Rostliny nebo jejich části mohou být součástí nákladů obilí, dřeva, vlny, nebo se mohou vyskytnout na hospodářských zvířatech, či v zemině dovezených zahradnických rostlin. Na kratší vzdálenosti mohou být semena roznášena vozidly v blátě na pneumatikách, v odpadu ze zemědělských strojů, nebo jako zbytky nákladu při transportu osiv (Black a kol., 2006).



Obr. č. 10 – Nepůvodní druhy zavlečené člověkem. Vlevo – bolševník velkolepý (*Heracleum mantegazzianum*) (Pazdera, 2010). Vpravo – souvislý porost kudzu (*Pueraria montana*) (DiTomaso a Healy, 2003).

Negativním příkladem semenného rozptylu za pomoci člověka je rostlina kudzu (*Pueraria montana*) (obr. č. 10). Je to vysoce invazivní rostlina dovezena z Číny do jihovýchodní Ameriky, jako ozdobná a protierozní. Rostlina za den vyroste až o 30 cm a její kořeny sahají až 3 m hluboko. Plochy a budovy dokáže během jedné sezony zcela zakrýt neproniknutelným houštím výhonků. Její vymýcení je prakticky nemožné (Pazdera, 2010).

2.2.5 Autochorie

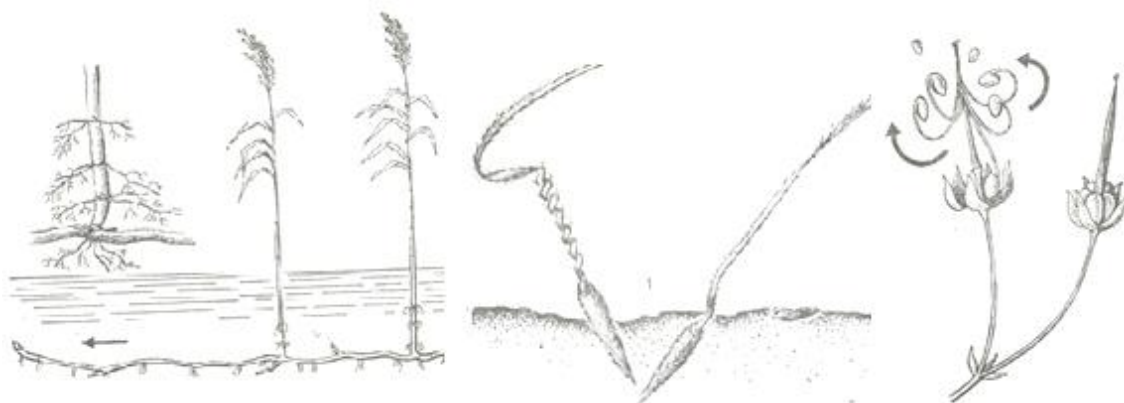
Rostliny šířící diaspory „vlastními silami“ se nazývají autochory a dále se dělí na 4 základní mechanismy rozptylu (viz tabulka č. 3).

Typ autochorie	Mechanismus rozptylu
Barochorie	Využití gravitace.
Blastochorie	Šíření pomocí šlahounů a oddenků.
Herpochorie	Hygroskopický pohyb – zavrtávání.
Balochorie	Hygroskopický pohyb – vystřelování semen.

Tabulka č. 3 – Typy autochorie podle Schulze a kol. (2002).

Prvním typem jsou rostliny, které nemají žádné přídatné mechanismy rozptylu a spoléhají pouze na gravitaci. Tyto rostliny nechávají vlastní vahou spadnout diaspory na zem. Tento typ se nazývá barochorie. U tohoto typu rozptylu je obvykle největší hustota semen přímo pod mateřskou rostlinou, odkud může

dojít k sekundárnímu transportu (zvířaty, větrem, vodou). Pokud rostlina roste na strmých svazích či skalách, mohou se diaspory „zakutálet“ velmi daleko. Barochorie je častým způsobem rozptylu a lze ji v našich podmínkách sledovat například u pohanky (*Fagopyrum*), pryskyřníku (*Ranunculus*) a parkových dřevin. Druhým typem autochorie je blastochorie. Rostliny se mohou šířit pomocí šlahounů nebo oddenků. Zástupcem první skupiny je jahodník (*Fragaria*), u kterého může délka šlahounů dosahovat až 2,6 m. Druhou skupinu reprezentuje například pýr plazivý (*Elytrigia repens*) nebo rákos (*Phragmites*) (obr. č. 11), u nichž mohou šlahouny dosahovat délky až 20 m od mateřské rostliny. Třetím případem autochorie je herpochorie. Jedná se o rozptyl semen na krátké vzdálenosti, kdy dochází k produkci semena s osinami, které jsou za sucha vývrtkovitě stočeny. Po navlhčení rosou nebo deštěm se osina narovná a zašpičatělou částí se zavrtá do země. Typickým příkladem je pumpava (*Erodium*) (obr. č. 11). Posledním typem autochorie je balochorie, která je způsobena nestejně rychlou bobtnavostí buněčných stěn. Díky změnám vlhkosti dochází k vystřelování semen rostliny. Viola rolní (*Viola arvensis*) dokáže vystřelit semena až 2,7 metrů daleko. Kakost smrdutý (*Geranium robertianum*) dokáže semena vystřelit dokonce až 6 metrů daleko (obr. č. 11). Typickým příkladem z našich lesů je netýkavka, jejíž plody reagují na dotyk prudkým prasknutím (obr. č. 13). Poslední dva typy rozptylu můžeme zařadit i mezi hygrokopické pohyby (Schulze a kol., 2002 a Opravil, 1987).



Obr. č. 11 – Typy autochorních mechanismů rozptylu. Vlevo – podzemní oddenky rákosu (*Phragmites*), uprostřed – semeno pumpavy (*Erodium*) se zkroucenou osinou v suchém prostředí a napřímenou osinou ve vlhkém prostředí, vpravo – poltící částí plodu vymršťující semena kakostu (*Geranium*) (Opravil, 1987).

2.3 Aktivní pohyby rostlin

Aktivním pohybem rostlin rozumíme takové pohyby, které rostliny vykonávají vlastní silou. Tyto pohyby jsou vyvolané fyzikálními, chemickými a biologickými faktory, které se uplatňují jen na určité přizpůsobené části těla rostlin. Aktivní pohyby rostlin dělíme na fyzikální a vitální (Kincl a Faustus, 1978). Podrobnější dělení aktivních pohybů je obsáhlé v kapitole 2.1 a schematicky zobrazeno na obr. č. 1. Detailně se aktivním pohybům věnují následující kapitoly

2.3.1 Fyzikální pohyby

Fyzikální pohyby nejsou projevem přímých životních procesů rostlin. Rostlina je však provádí aktivně na základě fyzikálních zákonitostí a s pomocí specifických struktur orgánů, které vznikly činností živé části rostliny. Mohou být vykonávány jak živými, tak i odumřelými částmi rostlin. Fyzikální pohyby lze rozdělit na: a) hygroskopické pohyby – související s bobtnavou schopností buněčné stěny, b) kohezní – závislé na soudržnosti molekul vody a její přilnavosti k buněčné stěně, c) explozivní – vyvolané změnami turgoru buněk a pletiv (Kincl a Krpeš, 2000).

2.3.1.1 Hygroskopické pohyby

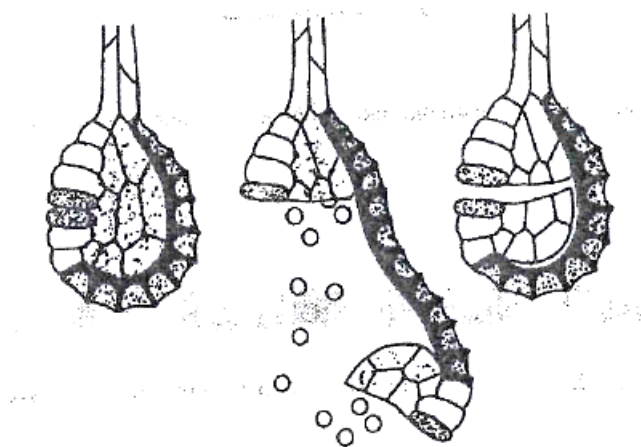
Hygroskopické pohyby jsou založené na schopnosti buněčné stěny bobtnat, nebo schopnosti buněk přijímat či vydávat vodu v závislosti na měnící se vzdušné vlhkosti. Části rostlin jsou složeny z různých pletiv, která absorbují vodu přes buněčnou stěnu odlišně, a tak dochází tak k zakřivení rostliny v důsledku nestejného pnutí (Kincl a Faustus, 1978).

Mezi hygroskopické pohyby řadíme například otvírání a zavírání šišek jehličnanů při změně vlhkosti. V suchém prostředí se šupiny šišky zkracují více na spodní straně, a proto se šiška otvírá a uvolňuje semena – okřídlené nažky, které se dále šíří větrem. Za vlhka spodní strana šupiny naopak bobtná rychleji a šiška se zavírá. V tomto pohybu pokračují i šupiny odumřelých šišek. Čím je vysušení větší, tím více se šupiny odklánějí a rozestupují (Holubová, 1997). Podobným případem jsou úbory pupavy (*Carlina*) a slaměnky (*Helichrysum*).

Vnější vrstva jejich zákrovních lístků za vlhka bobtná vodou a uzavírá se, za sucha se stahuje, čímž dochází k otevírání úborů a vypouštění semen ven (Psota a Šebánek, 1998). Také semena pumpavy (*Erodium*) s dlouhou osinou se zavrtávají do země pomocí hygroskopických pohybů. Osina je za sucha vývrtkovitě stočena, po navlhčení se narovná a zavrtá se i se semenem do země (obr. č. 11) (Opravil, 1987). Další ukázkou hygroskopických pohybů můžeme najít u nažek smetánky (*Taraxacum*), jejichž chmýří je za sucha rozloženo, což umožňuje roznos větrem, za vlhka se však stahuje dohromady (Procházka a kol., 1998).

2.3.1.2 Kohezní pohyby

Příčinou kohezních pohybů je soudržnost molekul vody (koheze) a jejich přilnavost (adheze) k vnitřním stranám buněčných stěn. Nejlépe můžeme kohezní pohyby demonstrovat na prstenci (anulus) výtrusnice kapradin, jehož buňky jsou na vnitřní straně ztlustlé a na vnější straně tenké (obr. č. 12). Při dozrávání výtrusů se voda z buněk prstence vypařuje. Vnější stěny buněk se tak napínají a vchlipují, a tím vzniká na obvodu prstence silné napětí, až nakonec výtrusnice na konci prstence praskne. Tímto pohybem jsou zralé výtrusy vymršťovány ven z prstence (Holubová, 1997). Kohezní síly jsou také příčinou svinování trav například u kostřavy (*Festuca*), nebo jejich skládání podél hlavní žilky za sucha například srha (*Dactylis*) (Kincl a Krpeš, 2000).



Obr. č. 12 - Kohezními pohyby se otvírající výtrusnice a vymršťující se výtrusy. Vlevo – uzavřená výtrusnice, uprostřed - prasklá výtrusnice a vypuzené výtrusy, vpravo – po vymrštění výtrusů se výtrusnice opět zavírá (Holubová, 1997).

2.3.1.3 Explosivní pohyby

Explozivní neboli mrštivé pohyby jsou vyvolány rozdílným napětím vznikající mezi silně nabobtnalými a nenabobtnalými pletivy nebo prudkým vyvoláním turgoru (vnitrobuněčného napětí) v pletivech (Hnilička, 2009). Typickým příkladem jsou tobolky netýkavky (*Impatiens*) (obr. č. 13). Tobolky jsou po dozrání velmi citlivé na dotyk, ten vyvolá náhlé vyrovnání vnitrobuněčného napětí v pletivu tobolky, a tím dochází k svinutí všech pěti chlopní a prudkému rozhození semen do okolí. Tímto způsobem je vymršťován i pyl z prašníků nebo vřecka některých vřekovýtrusých hub (Kincl a Krpeš, 2000).



Obr. č. 13 – Explosivní pohyb netýkavky (*Impatiens*). A – zavřená tobolka, B – stažení chlopní a vymrštění semen (Kincl a Faustus, 1978).

2.3.2 Pohyby vitální

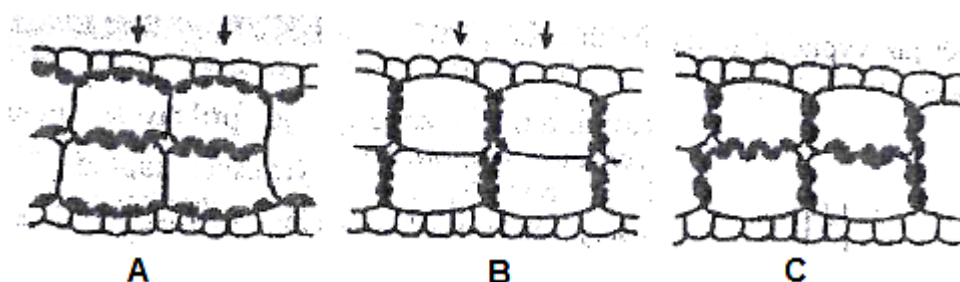
Pohyby vitální jsou spojené s fyziologickými pochody živých rostlin, jejichž energetickou spotřebu zajišťuje organismus. Vitální pohyby se rozlišují na pohyby lokomoční, což jsou pohyby z místa na místo, typické pro nižší rostliny a na pohyby orgánové, tedy pohyby některých orgánů pevně přisedlých rostlin, při čemž se pohybují jen určité části rostliny, například zakřivení jejích částí nebo změna pozice orgánů (Procházka a kol., 1998). Většina vitálních pohybů (krom autonomních orgánových pohybů) funguje v reakci na určitý podnět, kvalita a druh podnětu se vyjadřuje předponou v názvu pohybu (viz tabulka č. 4) (Kincl a Krpeš, 2000).

Předpona	Druh podnětu
Geo	Pohyby vyvolané gravitací.
Foto	Pohyby vyvolané osvětlením.
Termo	Pohyby vyvolané teplotou.
Chemo	Pohyby vyvolané přítomností chemických látek v prostředí.
Hydro	Pohyby vyvolané vlhkostí.
Tigmo	Pohyby vyvolané tlakem.

Tabulka 4 – druhy podnětů dle předpon (Kincl a Krpeš, 2000).

2.3.2.1 Pohyby lokomoční

Lokomoční pohyby neboli taxe jsou pohyby z místa na místo. Rozlišujeme je na pohyby v buňce a na pohyby celých buněk a kolonií. U lokomočních pohybů na úrovni buňky jde převážně o proudění protoplazmy a přemisťování plastidů při různé intenzitě osvětlení, které je dobře pozorovatelné v chloroplastech vodního moru kanadského (*Anacharis canadensis*) nebo okřehku (*Lemna*) (obr. č. 14) (Holubová 1997). Lokomoční pohyby na úrovni celých buněk a kolonií najdeme u některých řas, hlenek a hub. U nahosemenných rostlin existují pohyblivé obrvené spermatozoidy u jinanu dvoulaločného (*Ginkgo biloba*) (Hnilička, 2009).



Obr. č. 14 – Poloha chloroplastů v buňkách lístku okřehku (*Lemna*). A – při slabém osvětlení, chloroplasty jsou kolmo ke světlu; B – při silném osvětlení – chloroplasty jsou kolmo, takže si navzájem stíní; C – ve tmě, chloroplasty jsou rozptýleny všude (Holubová, 1997).

Lokomoční pohyby jsou vždy vyvolány podněty z vnějšku. Pohybuje-li se rostlina ke zdroji podráždění, mluvíme o pozitivní taxi. Pokud se však pohybuje od zdroje, mluvíme o taxi negativní. Zvyšuje-li se plynule intenzita podnětu, může přejít pozitivní taxe v taxi negativní. Dále můžeme rozlišit taxe fobické a taxe topické. Fobické taxe spočívají v málo usměrněných pohybech, jimiž se rostlina posléze dostává do místa optimální intenzity působení podnětu (obvykle

dál od zdroje podráždění), topické taxy jsou přesně usměrněné a probíhají při jednosměrném působení podnětu velmi rychle (Kincl a Faustus, 1978).

Podle Hniličky (2009) můžeme rozlišit tyto základní typy taxí :

- fototaxe – orientovaný pohyb organel rostlinné buňky nebo celých rostlin na světelný podnět působící v určitém směru (např. fototaktické pohyby chloroplastů vodního moru kanadského (*Anacharis canadensis*),
- chemotaxe – reakce na chemické podráždění. Pohyb do místa nebo od místa s koncentrací živin. Chemotaxe mají význam při výživě rostliny a při aktivním pohybu samčích pohlavních buněk (např. spermatozoidy mechorostů, jinanu dvoulaločného),
- geotaxe – pohyb v reakci na gravitaci (např. pohyb zelených řas k hladině vody),
- termotaxe – lokomoční reakce na změnu teploty,
- hydrotaxe – známa u hlenek, jejichž plazmodia opouštějí vysychající místo a pohybují se za vlhkem.

2.3.2.2 Orgánové (ohybové) pohyby

Orgánové pohyby jsou ohyby orgánů pevně přisedlých vyšších rostlin, přičemž se pohybují jen určité části rostlin. Tyto pohyby se projevují zakřivováním orgánů rostlin a změnou jejich postavení vůči okolí. Orgánové pohyby dělíme na vyvolané (paratonické), které reagují na podněty z vnějšího prostředí a na pohyby samovolné (autonomní), regulované vnitřními mechanismy (obr. č. 1) (Kincl a Krpeš, 2000). Orgánové pohyby se dějí na základě dvou druhů mechanismů. První mechanismus vyvolává ireverzibilní (nevratné) růstové pohyby, které jsou vyvolané nestejným prodlužovacím růstem protilehlých orgánů a druhý vyvolává reverzibilní (vratné) turgorové pohyby, závislé na změnách nitrobuněčného napětí (Masarovičová a kol., 2008).

2.3.2.2.1 Samovolné pohyby

Samovolné (autonomní) pohyby jsou především pohyby růstové, jsou regulované vnitřními mechanismy bez ohledu na vnější podmínky. Samovolné

pohyby jsou rozlišené na turgorové (variační) a růstové (nutační). Růstové pohyby nalezneme zvláště u klíčnicích rostlin vyrůstajících z půdy, jejichž lodyžní vrcholy se kývají ze strany na stranu, a tím lépe pronikají půdou. Jedná se o změny hladiny fytohormonů na různých stranách rostoucích částí (Procházka a kol. 1998). Podle Darwina se tyto kývavé nebo vlnivé pohyby nazývají cirkumnutace. Mají charakter ultradiálních biorytmů s periodou kratší než dvacet hodin. Když nutující úponky nebo vrcholy ovíjivých rostlin přijdou do styku s podložkou, jejich pohyb se změní v ovíjivý pohyb tigmotropický (Luštinec a Žárský, 2005). Turgorové pohyby jsou pohyby orgánů, které mají ohybové zóny, neboli pletiva kloubových polštářků, kde se mění tlak (turgor), jedná se o krouživé pohyby (Hnilička, 2009).

2.3.2.2 Vyvolané pohyby

Vyvolané neboli paratonické pohyby jsou pomalé pohyby podmíněné vnějším podnětem (světlem, tlakem, teplem). Vyvolané pohyby dělíme na tropismy a nastie. Pokud je podnět orientovaný, tedy působí-li v určitém vyhraněném směru, jedná se o tropismy. Pokud není podnět z určitého směru, ale přichází difúzně z okolí, jedná se o nastie (Hnilička, 2009).

2.3.2.3 Tropismy

Tropismy jsou vitálně vyvolané (paratonické) orientované ohybové reakce nebo otáčivé pohyby reagující na podnět z vnějšího prostředí. Jde-li o ohyb za zdrojem podnětu, mluvíme o tropismech pozitivních. Pokud jde o ohyby od zdroje podráždění, jde o tropismy negativní (Masarovičová a kol, 2008). Aby došlo k ohybu vlivem podráždění, musí intenzita podnětu a doba jeho působení, tzv. prezentační doba, dosáhnout určité prahové hodnoty. Součin obou veličin je přitom konstantní, tj. téže prahové hodnoty podráždění je dosaženo buď menší intenzitou podnětu, ale delší dobou jeho působení, nebo naopak (Procházka a kol., 1998).

Podle Procházky a kol. (1998) je u tropismů nutno rozlišit:

- Percepci podráždění, která začíná příjmem vnějšího signálu nějakým receptorem. Receptorem světelného podráždění je některý z pigmentů.
- Indukci vyvolanou podrážděním, která působí rozdíl mezi jednou a druhou stranou orgánu, k jehož ohybu dochází. Může přitom jít o změny elektrických potenciálů, popř. o nestejnoměrné rozložení růstově aktivních látek.
- Reakci na podráždění, jež spočívá v ohybu vznikajícím rychlejším růstem jedné strany ohýbajícího se orgánu.

Tropismy můžeme dělit podle působícího podnětu. Podle Kincla a Krpeše (2000) můžeme rozlišit tyto druhy tropismů:

- fototropismus – ohyb v reakci na světlo,
- heliotropismus – ohyb rostlin orientovaný ve směru nebo proti směru podráždění slunečním zářením,
- geotropismus – růstový ohyb rostlin a jejich orgánů působením gravitace,
- hydrotropismus – orientovaný ohyb rostlin ve směru nebo proti směru podráždění v důsledku vlhkosti,
- chemotropismus – růstový ohyb rostlinných orgánů na koncentraci minerálních nebo organických látek,
- tigmotropismus – ohyb (reakce) orgánu na jednostranný dotyk.

Fototropismus

Ohyby závislé na jednostranném směru působení světla se nazývají fototropismy (Ottoline a Day, 2003). Orgán jednostranně osvětlený se ohne v důsledku nestejné rychlosti prodlužovacího růstu na straně osvětlené a od světla odvrácené (Procházka a kol., 1998).

Odpovědi na směr světla byli dříve obecně známy jako heliotropismus, protože za zdroj světla bylo považováno slunce. Termín fototropismus, který je teď zpravidla používán, je přesnější, protože postihuje všechny zdroje osvětlení (Stiles, 2006).

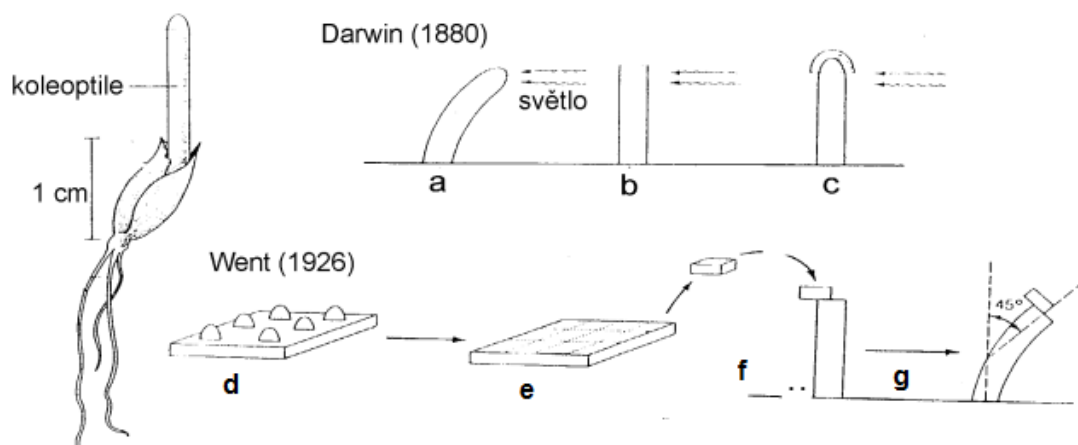
Fototropismus byl rozsáhle studován na koleoptilích (blaný obal chránící vzrostný vrchol u jednoděložných rostlin) obilovin a na epikotylu a hypokotylu dvouděložných rostlin. Obecně jsou lodyhy rostlin pozitivně fototropické, postranní větve lodyh se staví kolmo ke směru osvětlení, což se jeví jako nevýhodnější poloha pro využití energie slunečního záření - plagiotropismus. Kořeny jsou naopak negativně fototropické nebo k ozáření lhostejné - afotropické. Pozitivní fototropismus se může změnit v záporný (například koleoptile ovesa). Zvyšuje-li se intenzita osvětlení, je překročen práh ozáření a koleoptile se stále více otáčejí směrem ke světlu, ale jen do určité hodnoty tomu říkáme první pozitivní odezva. Pokud je tato hodnota překročena, koleoptile se přestane obracet a dostaví se první negativní a následně druhé pozitivní zakřivení (Öpik a Rolfe, 2005 a Kincl a Krpeš, 2000). Řetězec změn, které k fototropickému zakřivení vedou, popsal Kincl a Faustus (1978, str. 150) takto :

Světelný podnět → změna elektrického potenciálu a jeho nesymetrické rozdělení → změna v proudu auxinů → asymetrická stimulace prodlužovacího růstu buněk → zakřivení orgánu.

Prvním důležitým impulsem ohybu je světelný podnět, v přírodě v podobě slunečního záření. Sluneční energie je nezávisle proměnnou složkou ekosystémů. Do ekosystému dopadající záření nezávisí na vlastnostech biotopu ani na činnosti organismů. K povrchu atmosféry na plochu kolmou ke směru dopadajících paprsků se dostává během dne slunečního záření o průměrné hustotě $1,38 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}$ ($=1,38 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$). Tato hodnota se nazývá solární konstanta. Hustota záření je množství záření (J), které projde průřezem jednotky plochy (m^2) kolmé ke směru záření za jednotku času (s). Veškeré sluneční záření je v oblasti vlnových délek 280-3000 nm s maximem kolem 470 nm (Slavíková, 1986). Jako účinné ve fototropické reakci se ukázaly paprsky ultrafialové (λ cca 375 nm), ale jako nejúčinnější záření modré s maximem

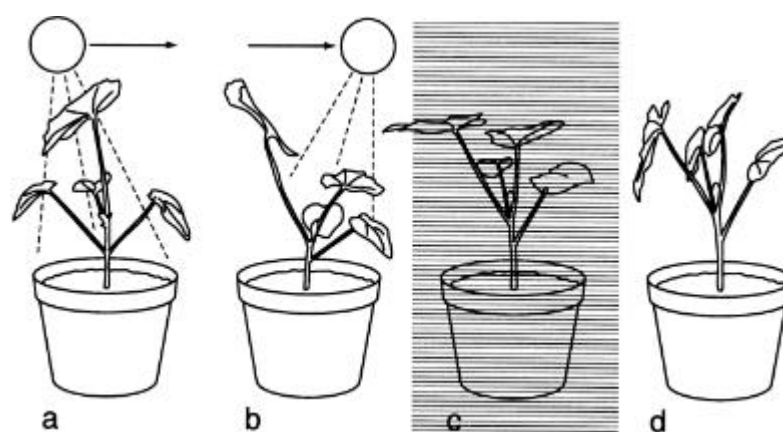
vlnové délky 445 nm. Paprsky s vlnovou délkou nad 500 nm již nejsou fototropicky aktivní. Ve viditelné části spektra se jeví dobrá shoda účinného spektra fototropismu s absorpčním spektrem β -karotenu, v ultrafialovém záření pak s absorpčním spektrem riboflavinu. Flavin je obsažen ve fototropicky účinném fotoreceptoru kryptochromu, který absorbuje modré záření (na rozdíl od fytochromu, jenž absorbuje záření červené) (Procházka a kol., 1998).

Světelným ozářením dojde ke změně proudu auxinů, a tím dochází k nestejnému růstu, který vede k ohybu. Koncentrace auxinu je na straně odvrácené od zdroje světla vyšší než na straně přivrácené. Auxin je transportován z místa ozářeného do místa zastíněného (Luštinec a Žárský 2005). Auxin objevil Charles Darwin spolu se svým synem ve druhé polovině 19. století. Pojmenoval ho však německý vědec Fritz Went (1926). Název pro rostlinné hormony – auxiny vznikl z řeckého slova „auxein“, což znamená růst nebo zvětšovat se. Darwin byl zaujat mechanismem, jakým se rostliny ohýbají za zdrojem světla, což pozoroval na druhu trávy – chraстnice kanárská (*Phalaris canariensis*). Rostlina osvětlená z jedné strany tlumeným modrým světlem se začala ohýbat směrem ke zdroji světla (obr. č. 15). Darwina zaujal fakt, že po zakrytí vrcholové špičky koleoptile k ohýbání nedojde, přičemž růstová zóna koleoptile leží několik milimetrů od vrcholové špičky. Darwin usoudil, že ve vrcholové špičce vzniká pravděpodobně signál, který je transportován do růstové zóny, ve které způsobuje rychlejší růst zastíněné strany oproti straně nezastíněné. Svá pozorování shrnul v knize *The Power of Movement in Plants* (Darwin a Darwin, 1881) (Scott, 2008). Termín auxin a jeho určitou existenci prokázal až vědec Fritz Went, který ve vrcholu koleoptile demonstroval látku podporující růst. Odřízl špičku koleoptile, přenesl ji na agarový bloček, do kterého aktivní růstová látka difundovala. Po přiložení bločku na stonek došlo k obnovení růstu rostliny (Šetlík a kol. 2004)



Obr. č. 15 – Pokusy na koleoptilích (vlevo), které vedly k objevu auxinu. Koleoptile se ohýbá za světlem (a), bez špičky (b) nebo při zastínění (c) na světlo nereaguje. Pokusy Fritze Wenta (1926) – odřízlé špičky koleoptilí na agarovém bločku (d), auxin difunduje dovnitř (e), kousky bločku přiložené na koleoptile bez špičky jen na půlku řezné plochy (f), koleoptile se ohýbá i ve tmě (g) (Šetlík a kol., 2004).

Kromě fototropicky pozitivních lodyh a fototropicky negativních kořenů dochází k fototropické odpovědi i u listů některých druhů rostlin, ačkoliv vliv světla na ohyb listů je složitější než u stonků. Pohyb vychází z pulvinu – kloubového polštářku, který se nachází mezi čepelí a řapíkem, funguje na bázi turgorových pohybů a je reversibilní. Přenos světelného signálu do pulvinu nejspíš zajišťuje auxin (Luštinec a Žárský, 2005). Listy mnoha druhů rostlin se zapojují do fototropické odpovědi každý den, když svým pohybem sledují slunce (obr. č. 16). Listová čepel se může též přeorientovat, aby byla kolmá k dopadajícímu světlu, a v této pozici může sledovat slunce putující po obloze (Gilroy a Masson, 2008). Zvláštním případem jsou kompasové rostliny, z nichž u nás roste na slunečných a suchách stanovištích locika kompasová (*Lactuca serriola*). Všechny čepele této rostliny jsou natočeny tak, že hranami míří k severu a jihu a plochami k východu a západu. Důsledkem toho nejintenzivnější světelné záření v poledne zasahuje minimální listovou plochu (Kincl a Faustus, 1978).

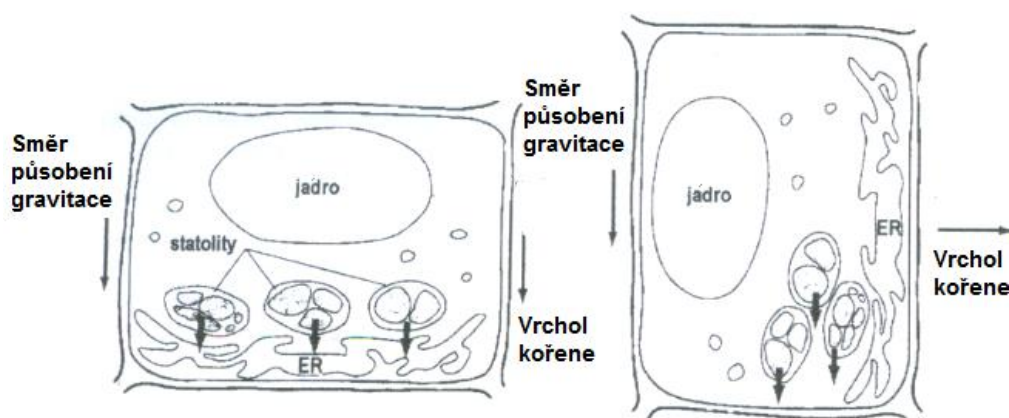


Obr. č. 16 – Listy sledující pohyb slunce po obloze. A – natočení listů při východu slunce, B – téměř vertikální poloha při západu slunce jsou, C – několik hodin po západu slunce, svírají listy s řapíkem pravý úhel, D – dvě hodiny před východem se natáčí tam, kde slunce minulý den vyšlo (Luštinec a Žárský, 2005).

Geotropismus

Geotropismus je odpověď rostlinných orgánů na gravitaci (zemskou přitažlivost). Jestliže je rostlina ve vodorovné poloze, lodyha a hlavní kořen rostou paralelně se směrem zemské tíže, jsou ortogeotropické. Lodyhy se ohýbají vzhůru proti gravitaci, jedná se tak o negativní geotropismus. Zatímco kořeny se ohýbají dolů, souhlasně ve směru gravitační síly, hovoříme o pozitivním geotropismu (Arteca, 1996). Postranní větve a šlahouny rostoucí v pravém úhlu k působení gravitace se nazývají diageotropické. Postranní větve rostoucí proti působení gravitační síly v úhlu okolo 90° se označují jako plagiotropické. Postranní kořeny a větve vyšších řádů, které na gravitaci nereagují, jsou ageotropické (Rastogi a Kishore, 2009). Předpokládá se, že kořeny a prýty vnímají změny gravitace pomocí speciálních buněk - statocytů, které obsahují přesýpavá tělíška – statolity, což jsou nejčastěji plastidy shromažďující škrob, převážně to jsou amyloplasty. Buňkám, které obsahují statolity, se říká statocyty (Arteca, 1996). Statocyty jsou výrazně polarizované buňky, které obsahují endoplazmatické retikulum, jádro umístěné ve středu, nebo při vrcholu a amyloplasty sedimentující dolů (obr. č. 17). Jeli statocyt v normální poloze amyloplasty leží na plazmatické membráně. Změní-li se poloha kořene, amyloplasty se přesunou na boční stranu buňky a v kontaktu s endoplazmatickým retikulem vyvolají přesměrování transportu auxinu. Tlak

amyloplastů na plazmatickou membránu ve statocytech způsobí změny v elektrickém potenciálu, vyvolá podráždění, což vede k bočnímu transportu auxinu a způsobí vyrovnávací ohyb (Masarovičová a kol., 2008). Auxin je syntetizován ve výhonku a transportuje se do kořene skrze centrální válec (stelé) pomocí vodivých svazků v něm obsažených. V kořenové čepičce je auxin přenášen příčně do svrchních vrstev čepičky. Příčný přesun auxinu uvnitř reagujícího orgánu je vyvolán gravitační směrovou stimulací. Výsledkem nestejnomořné distribuce auxinu mezi oběma stranami orgánu je ohyb (Witzany a Baluška, 2012). Myšlenku statolitové teorie vyslovili nezávisle na sobě v roce 1900 profesor Bohumil Němec a rakouský botanik Gottlieb Haberlandt (Luštinec a Žárský, 2005).

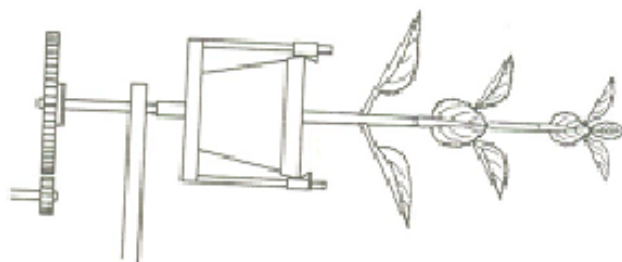


Obr. č. 17 – Vnímání gravitace, při změně polohy statocytů. Vlevo – vertikální poloha kořenového vrcholu, amyloplasty leží na buněčné stěně. Vpravo – horizontální poloha kořenového vrcholu, změna polohy amyloplastů způsobí tlak na plazmatickou membránu, vyvolá podráždění a způsobí ohyb (Masarovičová a kol, 2008).

V kořenech jsou statocyty přítomny především v kořenové čepičce. Proto kořen po odříznutí vrcholu ztratí svoji geotropickou citlivost a ustane také jeho kývavý pohyb, tzv. cirkumnutace. Jako statolity mohou působit také krystalky bílkovin nebo šřavelanu. Amyloplasty však mají zásadní úlohu. Když se v pletivu sníží obsah škrobu, nástup geotropické reakce se prodlužuje (Procházka a kol., 1998).

Laterální geotropismus lze při růstu stonku ovíjivých rostlin chápat jako ohyb do strany, který spočívá v rychlejším růstu vnější strany stonku. Darwin (1865)

viděl v kroužení ovíjivých rostlin jen zvláštní druh rotující růstové nutace (kývavý pohyb), tzv. cirkumnutaci. Laterální geotropismus je nejintenzivnější na apikální straně vrcholové části stonku, ohyb vzhůru je nejintenzivnější na bázi této části. Například klíčící rostlina fazolu (*Phaseolus coccineus*), u které se projevují autonomní pohyby, roste geotropicky negativně vzhůru, když však lodyha dosáhne určité velikosti, vrcholek se ohne do vodorovného směru. Po čase však vrcholek opět přejde k negativnímu geotropismu, a tím se začne otáčet proti směru hodinových ručiček, jedná se tedy o rostlinu levotočivá. Naopak mezi vzácnější pravotočivé rostliny (pohyb po směru hodinových ručiček) patří chmel (*Humulus lupulus*) (Procházka a kol., 1998). Stimulace laterálního geotropismu jde dokázat jednoduchým pokusem na klinostatu (obr. č. 18). Klinostat je zařízení, s jehož pomocí se rostliny pomalu a rovnoměrně otáčejí kolem své osy. Ovíjivá rostlina umístěna horizontálně prodlužuje stonek přímočaře (Masarovičová a kol., 2008).



Obr. č. 18 – Klinostat. Rostlina neustále otáčející kolem své osy se geotropicky neohýbá (Kincl a Faustus, 1978).

Hydrotropismus

Hydrotropismus je vyvolán jednostranně působící vlhkostí. Ohyb kořenů rostoucích do půdních oblastí obsahující zvýšenou vlhkost je pozitivní hydrotropismus. Tento ohyb je závislý na schopnosti vnímat stoupání půdní vlhkosti (Waisel a kol., 2002). Hydrotropismus je velice složité dokázat, protože voda není tak silný podnět jako gravitace, a proto je ve většině případů kořen orientován gravitropicky v reakci na zemskou tíži místo v reakci na půdní vlhkost. Hydrotropismus se silněji projeví pouze v delším období sucha. Existence hydrotropismu byla prokázána u rostlin rodu huseníček (*Arabidopsis*),

kteře nemají ve svých buňkách amyloplasty, tím má snížené vnímání gravitace a dává tak možnost ohybu za půdní vlhkostí (Scott, 2008).

Chemotropismus

Chemotropismus je usměrněný růstový pohyb rostlin, který je vyvolán chemickým podnětem působícím pouze z jednoho směru, nebo působícím z obou směrů o různé intenzitě. Můžeme mluvit jak o negativním, tak o pozitivním chemotropismu. Negativní chemotropismus je růst ve směru nižší koncentrace látek, například pohyb od roztoku NaCl (chlorid sodný). Pozitivní chemotropismus je důležitý pro výživu rostlin, protože umožňuje růst ve směru vyšší koncentrace látek, převážně růst směrem k živinám (u kořene). Dalším příkladem pozitivního chemotropismu je růst pylové láčky v pletivu čnělky směrem k vajíčku (Procházka a kol., 1998).

Tigmotropismus

Tigmotropismus je reakce na jednostranný dotyk. Projevuje se například ovíjivými pohyby úponků popínavých rostlin kolem pevné opory tedy kolem stonku jiné rostliny, drátu, tyče (Luštinec a Žárský, 2005). Při podráždění vzájemným třením zbrzdí stonek ovíjející se rostliny svůj růst na straně, která se dotýká s oporou a silnějším růstem na straně odvrácené dojde k otáčení kolem podkladu – k ovíjení (Kincl a Krpeš, 2000). Ovívivému pohybu často předchází samovolný krouživý pohyb zvaný cirkumnutace (viz kapitola 2.3.2.2.1). Směřovaný růst úponků některých rostlin, například posedu dvoudomého (*Bryonia dioica*), reguluje fytohormon jasmonát (kyselina jasmonová a její methylester). Jestliže úponky narazí na pevnou oporu, nastane specifická ohybová reakce a zvýší se hladina kyseliny jasmonové, která slouží, jako přenašeč dotekového signálu (Luštinec a Žárský, 2005).

2.3.2.2.4 Nastie

Nastie jsou ohyby orgánů vyvolané vnějšími podněty, na rozdíl od tropismů však podnět nepůsobí jednostranně, ale může působit ze všech stran (difúzně). O směru ohybu tedy nerozhoduje směr podnětu, ale vnitřní struktura orgánu.

Není tedy důležité, odkud podnět působí, ale zda vůbec působí (Masarovičová a kol., 2008).

Nastie dělíme na dva typy. Prvním typem jsou nastie růstové (nutační), které se uskutečňují rozdílnou rychlostí růstu na jedné a druhé straně ohýbajícího se orgánu. Tyto pohyby jsou permanentní. K růstovým nastiím patří epinastie, hyponastie, termonastie, fotonastie. Druhým typem jsou nastie turgorové (variační), zde se jedná o změny turgoru (tlaku) v některých buňkách. Můžeme k nim řadit seismonastie, tigmonastie, hydronastie a nyktinastie. Mezi nastie variační řadíme i pohyby svěřacích buněk průduchů (Procházka a kol., 1998).

Lištinec a Žárský (2005), popř. Lack a Evans (2005) uvádí a definuje široké spektrum nastií, mezi ně patří:

- epinastie – ohyb směrem dolů vyvolaný nerovnoměrným růstem vrchní strany a spodní strany orgánu, vrchní strana roste rychleji,
- hyponastie – ohyb směrem nahoru vyvolaný rychlejším růstem buněk na spodní straně,
- termonastie – pohyby rostlin, jako odpověď na změny teploty; okvětní lístky některých rostlin ukazují termonastii při otvírání a zavírání květu v závislosti na teplotě,
- fotonastie – reakce na změnu intenzity záření, květy mnoha druhů rostlin se zavírají a otevírají v závislosti na ozáření,
- tigmonastie – pohyb v reakci na dotek, například sevření čepele mucholapky podivné (*Dionea muscipula*),
- seismonastie – rychlé pohyby v reakci na dotek nebo otřesy. Lísty citlivých rostlin, například mimóza (*Mimosa pudica*), se při doteku rychle svinou,
- nyktinastie – „spánkové pohyby“ lístků, lístky se svinou nebo zavřou v noci a ráno se zase rozbalí,

- hydronastie – ohyb v reakci na vlhkost, svinování listů, při vodním deficitu.

Termonastie

Termonastie vyvolává změna teploty. Změny teploty mohou způsobit opakované otvírání a zavírání květů v průběhu dne. Tento pohyb můžeme sledovat například u tulipánu (*Tulipa*), šafránu (*Crocus*), sněženky (*Galanthus*) (obr. č. 19) a jiných druhů rostlin. Pokud se teplota zvýší, květy se otevírají, pokud se teplota sníží, květy se opět uzavřou (Stiles, 2006). Tento pohyb je způsoben rozdílným růstem svrchních a spodních okvětních lístků. Nízké teploty (3 – 7°C) jsou vhodné pro růst spodní strany okvětních lístků, čímž dochází k uzavírání květů, naopak vyšší teploty (10 – 17°C) jsou případné pro růst vrchní strany okvětních lístků, a tím způsobit otevírání květů. Náhlá změna teploty o 0,2 – 1 °C má za následek rychlý růst a zavření a otevření květů, ačkoliv rozdíl mezi teplotami pro růst obou stran okvětních lístků je 10 °C. Tento růstový pohyb je omezen, a proto je tento pokus s rychlými změnami teplot možné provést s každou rostlinou jen několikrát (Luštinec a Žárský, 2005).



Obr. č. 19 – Termonastie rostlin. Vlevo – tulipán (*Tulipa*) reagující na nižší a vyšší teploty (autorka, 2011). Vpravo – květy sněženky (*Galanthus*), a) v chladnu, b) v teple (Kincel a Krpeš, 2000).

Fotonastie

Fotonastie jsou reakce rostlinných orgánů na změny v intenzitě ozáření. Pozorujeme je převážně u květů nebo celých květenství. Horní a dolní strana

kališních lístků roste střídavě rychleji a pomaleji v závislosti na změnách dne a noci (Luštinec a Žárský, 2005). Většina rostlin otevírá květy ráno a zavírá je na noc, například mák vlčí (*Papaver rhoeas*). Některé rostliny zavírají květy při nejintenzivnějším osvětlení například mléč rolní (*Sonchus arvensis*), některé naopak kvetou, když je osvětlení nejsilnější - štavel tuhý (*Oxalis stricta*). Knotovka bílá (*Melandrium album*) a další druhy rostlin jsou příkladem toho, že některé rostliny mohou kvést v noci a ve dne mít květy zavřené. Fotonastie a termonastie spolu úzce souvisí díky měnícím se hodnotám ozáření a teploty během dne (Kincl a Faustu, 1978).

Tigmonastie

Tigmonastie jsou turgorové pohyby vyvolané dotekem. Příkladem rychlého tigmonastického pohybu je mucholapka podivná (*Dionea muscipula*) (obr. č. 20). Její čepel listu je přeměněna v „past“ podobající se rozevřené škebli. Skládá se ze dvou „čelistí“ oválného tvaru a svírají úhel 45 °. Okraje „čelistí“ obsahují nektarové žlázy, které uvolňují sladkou tekutinu, na kterou lákají svou kořist. Okraje jsou zakončeny výrůstky, které po sklapnutí zabraňují hmyzu uniknout. Na vnitřní straně „pasti“ se nachází šest citlivých trichomů. Pokud jsou některé z nich opakovaně ohnuty, v intervalu maximálně 20 vteřin. Past se scvakne k sobě a uvězní hmyz uvnitř. Sklapnutí je za optimálních podmínek dokončeno za méně než půl sekundy, rostlina začne vypouštět trávicí enzymy a tím rozloží kořist. Poté se past znovu otvírá, avšak její mechanismus se opotřebovává a po dvojitým až trojitým použití je již nefunkční a odumírá (Ježek, 1997).



Obr. č. 20 – Mucholapka podivná (*Dionea muscipula*). Vlevo – otevřená přeměněná listová čepel – „past“. Vpravo – rychle sklápí „past“ s hmyzem uvězněným uvnitř (Mauseth, 2012).

Seismonastie

Seismonastie jsou pohyby vyvolané otřesem nebo nárazem. Seismonastie je nejvíce patrná u citlivých rostlin jako je například tropická rostlina citlivka stydlivá (*Mimosa pudica*), u které dotek či otřes způsobí postupné složení lístků za méně než jednu sekundu (obr. č. 21) (Lack a Evans, 2005). Citlivka má dvakrát sduzpeřené, dlouze řapíkaté listy. Ty mají na bázích lístků a řapíku polštářky s parenchymatickým pletivem, které je schopné velmi rychle změnit svůj vnitřní tlak (turgor). Při příznivých podmínkách jsou lístky prvního a druhého řádu rozloženy a odstávají od hlavního stonku. Zatřese se-li některým z lístků, zvedne se a vzhůru, současně tento pohyb vykoná protilehlý lísteček. Pokud je otřes dostatečně silný pokračuje zvedání i na další sousední části listu, až se postupně list celý svěsí. Tento proces funguje na bázi šíření elektrického signálu (vzruchu) vzniklého změnou toku iontů, především draslíku v pohybových buňkách. Pohybové buňky můžeme rozdělit na flexory na svrchní straně a extenzory na straně spodní kloubového polštářku řapíku listu, které jsou umístěny naproti sobě (obr. č. 22). Podrážděním pohybových buněk v polštářcích na bázi celého listu se ve spodní části otevrou kanály pro vodu a ionty K^+ , a tím zapříčiní ztrátu turgoru ve spodní části buňky, zatímco v horní části buňky se turgor zvýší. Turgor se postupně obnovuje a zhruba po 10 minutách se lístky rostliny narovnájí do původního stavu (Šetlík, 2008). Seismonastické pohyby můžeme pozorovat i u dalších rostlin. Například u chrpy

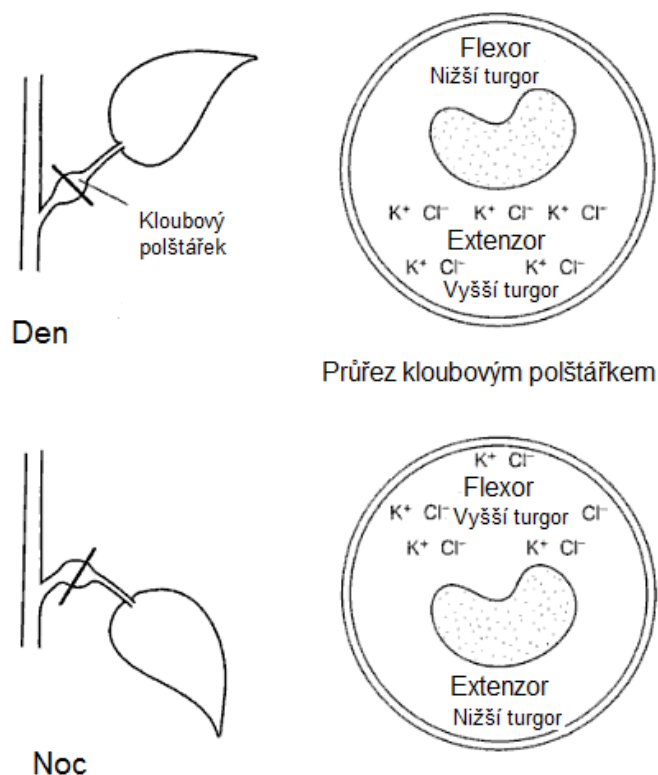
nebo dřšťálu, kde jsou tyto pohyby vyvolány hmyzem při opylování. Na tyčinkách květů chrpy jsou citlivé trichomy, při jejichž podráždění se nitky poklesem turgoru stáhnout. Trichomy na čnělce pak vytlačí pyl na tělo hmyzu. Tyčinky dřšťálu se po podráždění přiklánějí k pestíku (Procházka a kol., 1998).



Obr. č. 21 – Seismonatický pohyb citlivky stydlivé (*Mimosa pudica*). Vlevo – nákres sklánění listů před a po otřesu. Polštářky umožňující změnu turgoru na bázi každého lístku (B), na bázi celého listu (D), způsobují sklonění listu (Lack a Evans, 2005). Vpravo – fotografie citlivky před otřesem a po otřesu (Solomon a kol., 2004).

Nyktinastie

Nyktinastie jsou běžně označovány jako spánkové pohyby, které mají charakter cirkadiálních biorytmů, což znamená, že pohyby opakují pravidelně v periodě 20 – 28 hodin, jsou vratné a jsou ovlivněny různou délkou dne a noci (světla a tmy). Pohyb orgánu je samovolný, vnitřního původu a je výsledkem vzájemného působení vnitřních biologických hodin a vnějšího regulátoru. Cirkadiální rytmus přetrvává v rostlině několik dalších dní, i když je rostlina pouze ve tmě nebo pouze na světle. Nyktinastické pohyby jsou založené na změnách turgoru v buňkách polštářků, na jiných částech listu nebo květu (Luštinec a Žárský, 2005). Například listy čičorky pestré (*Coronilla varia*) a jetele lučního (*Trifolium pratense*) se na noc zvedají vzhůru, kdežto listy šťavelanu kyselého (*Oxalis acetosella*) se naopak sklánějí dolů. Pohyby pracují na stejném principu jako pohyby seismonastické (viz výš), také vychází z kloubového polštářku. Díky změnám turgoru ve spodní a svrchní části pohybových buněk dochází k svěšování a zvedání listů při změnách osvětlení (obr. č. 22) (Lack a Evans, 2005).



Obr. č. 22 – Ukázka pohybových buněk šťavelanu kyselého (*Oxalis acetosella*). Spodní a svrchní strana buněk (extenzoru a flexoru) v kloubovém polštářku při nyktinastickém pohybu. Pohyb draslíku a aniontů do buněk extenzoru ve dne a do buněk flexoru v noci, výsledkem je skládání listů (Lack a Evans, 2005).

Hydronastie

Hydronastie je způsobena změnou vlhkosti v atmosféře. Pohyby jsou vyvolané změnami turgoru v motorických buňkách, které jsou například v listech lipnice a dalších trav. Tyto motorické buňky mají velmi tenkou kutikulu, nebo ji nemají vůbec. Dochází v nich k rychlejší ztrátě vody než u ostatních pokožkových buněk. Když poklesne jejich turgor, a tím dojde ke zvýšení turgoru v buňkách na protilehlé straně a dojde ke svinutí listové čepele. Tyto pohyby jsou doplňkem k uzavírání průduchů. Vlivem nastií také dochází k uzavírání květů při vlhkém počasí, aby nedošlo k poškození pylu (Luštinec a Žárský, 2005).

3 Praktická část

Praktická část je předkládané bakalářské práce je rozdělena do dvou samostatných celků. První celek obsahuje návrhy na jednotlivá praktická cvičení reflektující teoretické poznatky z oblasti pohybů rostlinných organismů, které byly zároveň ověřeny autorkou v praxi na SŠ. Druhá část zahrnuje nově vytvořený výukový materiál ve formě MS PowerPoint prezentace, která svým tematickým odborným obsahem koresponduje s nároky na úroveň učiva středních škol.

3.1 Návrhy praktických cvičení

V této části je navrženo pět jednoduchých praktických cvičení. Úlohy slouží studentům jednak k doložení teoretických znalostí formou praktických činností s rostlinným materiálem, ale i bližšímu pochopení, prohloubení a fixaci vědomostí z problematiky „rostlinných pohybů“ na základě přímého pozorování. Vybrané úlohy řeší studenti samostatně nebo v malých skupinách za pomoci úvodního popisu principů a postupů práce a instrukcí učitele pro jednotlivé praktické úlohy. Všechna vybraná cvičení jsou krátkodobá (hodinová dotace – 45 minut), s minimální přípravou předem a nekladou vysoké nároky na laboratorní vybavení. Pro přehlednost a názornost je každé praktické cvičení strukturováno do několika samostatných a funkčních částí (např. Holubová 1997) tj.:

- Princip – stručné vysvětlení tématu a podstaty práce.
- Materiál a pomůcky – nejdůležitější pomůcky a rostlinný materiál k vykonání práce.
- Postup – základní kroky průběhu práce (není popsán detailně, aby studenti u práce samostatně přemýšleli).
- Výsledky a nákres – studenti samostatně slovně zpracují a zakreslí pozorované jevy. Nákres není nutný u každé úlohy, ale pokud jsou pozorované jevy zakresleny, jsou následně lépe pochopeny a lépe se pamatují.

- Závěr – vysvětlení v praxi pozorovaných jevů a shrnutí poznatků v porovnání s teorií.

3.2 Ověření praktických cvičení v praxi

Ze souboru návrhů praktických cvičení byly vybrané a ověřené v praxi dvě úlohy. Úloha č. 3 – hygroskopické pohyby zákrovních lístků slaměnek (*Helichrysum*) viz kapitola hygroskopické pohyby 2.3.1.1 a úloha č. 5 – termonastie úborů sněženky (*Bellis*) viz kapitola nastie 2.3.2.2.4. Úlohy byly vybrány na základě dostupnosti rostlinného materiálu, jednoduchosti provedení (bez předešlé přípravy) a výrazného okamžitého vizuálního dojmu.

Možnost ověřit tyto úlohy byla autorce poskytnuta Mgr. Danou Skokanovou na Gymnáziu v Trutnově v hodině laboratorních prací z biologie (časová dotace – 60 minut). Plnění úloh se zúčastnili studenti prvního ročníku, kteří předem probírali základy dokazované látky na hodinách biologie (obr. č. 23). Při hodinách laboratorních prací bývá třída dělena na třetiny, aby bylo docíleno individuálního přístupu. Ověřování se tedy zúčastnilo pouze 9 studentů. Výsledky ověřovaných úloh dopadly v případě úlohy č. 3 přesně podle popisu, v případě úlohy č. 5 nebylo dosaženo optimální teploty studené vody, a proto rozdíly nebyly až tak výrazné (obr. č. 24). Studenty však práce zaujala, hlavně díky okamžitým výsledkům a to převážně u výsledků úlohy č. 3, protože ačkoliv každý z nich slaměnky (*Helichrysum*) někdy viděl, neočekávali, že v reakci s vodou se úbory tak rychle uzavřou. Všech 9 studentů vyplnilo na konci práce předem připravené protokoly. Ukázka vyplněných protokolů (viz kap. 6).



Obr. č. 23 – Příprava slaměnek (*Helichrysum*) k ověření hygroskopických pohybů a úborů sedmikrásek (*Bellis perennis*) k ověření termonastických pohybů (autorka, 2012).



Obr. č. 24 – Výsledky praktických pokusů Nahoře – slaměnky (*Helichrysum*) před a po navlhčení zákrovních lístků. Dole – úbory sněženek (*Bellis*) ve studené a teplé vodě (autorka, 2012).

3.2.1 Úloha č. 1 - Pozorování uzpůsobení diaspor k pasivnímu transportu

Princip: Pasivní pohyby rostlin jsou takové pohyby, které jsou výsledkem působení sil mimo rostlinu. Jde o přenos rostliny nebo jejích částí vnějšími činiteli. Máme několik typů pasivního přenosu:

- Anemochorie – přenos pomocí větru
- Hydrochorie – přenos pomocí vody
- Zoochorie – přenos pomocí zvířat
- Antropochorie – přenos pomocí lidí

Materiál a pomůcky: Semena s chmýrem smetánky lékařské (*Taraxacum officinale*) nebo pcháče (*Cirsium*), semena bavlníku (*Gossypium*), nažka s chmýrem orobince (*Typha*), nažky s blanitým lemem jilmu (*Ulmus*), okřídlená dvounažka javoru mléče (*Acer platanoides*), okřídlené semeno jedle (*Abies*), křídlatá nažka břízy (*Betula*), máčka ladní (*Eryngium campestre*), tobolka máku (*Papaver*) se semeny, kuklík městský (*Geum urbanum*), řepeň trnitá (*Xanthium spinosum*), plicníku, kádinka, vlna, bavlna. Zakreslíme jednotlivá uzpůsobení.

Postup: Postupně vyzkoušíme jednotlivá přizpůsobení ve vodním a vzdušném prostředí a přilnavost na různé materiály.

Výsledky a nákres:

Závěr:

3.2.2 Úloha č. 2 - Mikroskopické pozorování fototaktických pohybů chloroplastů

Princip: Taxe představují pohyby buněk, nebo celých organismů z místa na místo, jako reakce na vnější podnět určitého směru. Pokud je pohyb za zdrojem podnětu jedná se o taxi pozitivní, pokud od zdroje jde o taxi negativní. Při nízkém osvětlení uvidíme, jak se chloroplasty přemisťují na rovnoběžné buněčné stěny s povrchem listu. Zde jsou záření vystaveny větší plochou. Při silném osvětlení se chloroplasty přesunují na boční stěny buněk, kde jsou vystaveny záření menší plochou.

Materiál a pomůcky: Listy vodního moru kanadského (*Anacharis canadensis*), listy okřehku (stolní lampa, mikroskop).

Postup: Do dvou misek dáme kus lodyhy vodního moru. Jednu misku necháme pod přímým osvětlením (lampa), druhou necháme na rozptýleném světle. Po 1 hodinové expozici připravíme mikroskopické preparáty a pozorujeme polohu chloroplastů v buňkách. Zakreslíme, co jsme viděli pod mikroskopem (Holubová, 1997).

Výsledky a nákres:

Závěr:

3.2.3 Úloha č. 3 - Hygroskopické pohyby

Princip: Pohyby, které jsou umožněny různou stavbou vrstev buněčných stěn a jejich bobtnavostí při změně vlhkosti. Například šišky borovice se za vlhka zavírají, kdežto za sucha otvírají. Za vlhka bobtná spodní strana šupinky rychleji, což způsobí uzavření a za sucha se šupinka zkracuje více na spodní straně, a proto se šiška otevírá.

Materiál a pomůcky: Úbory slaměnek (*Helichrysum bracteatum*), šišky jehličnatého stromu, kádinky.

Postup: Suchou slaměnku ponoříme do horké vody. Za několik málo vteřin se úbor svine do kuličky. Pokud necháme slaměnku vyschnout, znovu se otevře (zevní pokožka zákrovních lístků je z buněk se silně ztlustlými stěnami, zatímco vnitřní pokožka tyto buňky nemá). To samé uděláme se šiškou, ponoříme ji do misky s vodou a sledujeme její reakci na vlhkost, reakce není okamžitá, ale trvá několik desítek minut. Zakreslíme změnu (Psota a Šebánek, 1999).

Výsledky a nákres:

Závěr:

3.2.4 Úloha č. 4 - Fototropismus a geotropismus

Princip: Fototropismus zahrnuje orientované pohyby vyvolané působením světelného záření. Nadzemní části rostliny jsou většinou pozitivně fototropické, podzemní části jsou většinou negativně fototropické. Geotropismus je pohyb vyvolaný zemskou gravitací. Kořen je pozitivně geotropický a stonek je negativně geotropický.

Materiál a pomůcky: klíčky řepičky seté (*Lepidum sativum*), lampa, klíčky hrachu setého (*Pisum sativum*), květináček.

Postup: Necháme vyklíčit semínka řepičky seté na rozptýleném světle, a poté je vystavíme jednostrannému záření. Pozorujeme a zakreslíme směr růstu. Vyklíčenou rostlinku hrachu setého umístíme do malého květináče, květináč nakloníme a pozorujeme, jak se změní růstu stonku a kořene po naklonění, zakreslíme změnu. (Holubová, 1997) U mladších dětí můžeme vytvořit labyrint z plastových lahví a pozorovat jak se klíčky hrachu dostávají za světlem skrze něj.

Výsledky a nákres:

Závěr:

3.2.5 Úloha č. 5 - Termonastie a seismonastie

Princip: Nastie jsou pohyby, které nejsou závislé na směru podnětu. Termonastie jsou pohyby, jako reakce na změnu teploty.

Materiál a pomůcky: Čerstvě natrhané úbory sedmikrásek (*Bellis perennis*) se stopkami, kádinky, korek s provrtanými otvory, teploměr, květy tulipánu zahradního (*Tulipa gesnerana*), dříví (Berberis sp.)

Postup: Do otvorů vyvrtaných v korku prostrčíme stopky květních úborů sedmikrásek. Korek s úbory pak necháme střídavě plovat v kádinkách na vodě studené (8 – 10°C) a na vodě teplé (35°C). Se změnami teploty můžeme pozorovat zavírání a otvírání úborů. (Psota a Šebánek, 1999) Květy sněženky nebo tulipánu přenášíme z teplého do studeného prostředí a naopak a sledujeme zavírání a otvírání květu. Zakreslíme změnu.

Tenkou špejlí se lehce dotkneme z vnitřní strany tyčinek v květu dříví a pozorujeme sklopení tyčinek.

Výsledky a nákres:

Závěr:

3.3 Výukové prezentace

Předkládané výukové prezentace tematicky zaměřené na problematiku pohybů rostlin přibližují a popisují jejich základní typy a principy, na kterých jsou tyto pohyby založeny. Výukový materiál je dělen na 4 samostatné prezentace, kde první z nich obsahuje všechny pohyby rostlin a je vhodná pro běžnou výuku na SŠ. Podle rámcově vzdělávacího programu pro gymnázia (2007) je vhodné tuto prezentaci zařadit k výuce biologie rostlin – fyziologie rostlin – návrh výstupu - principy životních cyklů a způsoby rozmnožování rostlin (RVP, 2007). Další tři prezentace popisují pohyby rostlin velmi podrobně a jsou vhodné pro odborné semináře na gymnáziích. Koncepce, struktura a obsahový záběr výukové prezentace plně koresponduje s teoretickou částí předkládané bakalářské práce (kapitola 2). Nicméně je tento výukový materiál zatraktivněn názornými obrázky a schématy, které se snaží poutavou formou přiblížit jinak didakticky těžko uchopitelnou teoretickou část. Výukové prezentace je přiloženo pouze elektronické formě v samostatných přílohách (viz kap. 6).

4 Závěr

Pohyby rostlin, ať už aktivní nebo pasivní, jsou tématem rozsáhlým, avšak v literatuře ne zcela dokonale popsáným. Samotné téma je zajímavým náhledem na „schopnost“ rostlin, kterou si často nejsme našimi na „rychlejší svět“ nastavenými smysly schopni uvědomit. V textu popisované aktivní i pasivní pohyby jsou jasným příkladem adaptačních možností přírody jako takové. Zvláště některé z aktivních forem rostlinných pohybů by snesly co do složitosti srovnání i s některými ději v tělech živočichů – např. přenosem nervových vzruchů.

V rámci jednoho z cílů této bakalářské práce stanovených na začátku byla provedena rešerše k tématu dostupné literatury, která však především u českých autorů prozatím neposkytuje celostní náhled na danou problematiku. Zahraniční publikace jsou v tomto ohledu mnohem dále, ale ani u nich není výjimkou občasná rozpornost některých závěrů v nich obsažených. Většina relevantních prací je zároveň staršího data, takže téma rostlinných pohybů skýtá hodně prostoru pro budoucí vědeckou činnost. Z rozdělení pohybů v dostupné literatuře vychází i dělení této práce. V první části jsou popsány pasivní a aktivní pohyby rostlin. Obzvláště u pasivních pohybů byl velký problém s dostupností českých publikací. Ve druhé části se práce zabývá praktickým použitím znalostí z teoretické části ve formě praktických cvičení a výukových prezentací. Součástí této práce byly také vypracovány praktické tematické úlohy, které by měly sloužit výuce materie rostlinných pohybů v rozsahu středoškolského učiva v průběhu odborných seminářů. Některé z nich byly provedeny v praxi skupinou vybraných studentů. Jejich úspěšné plnění zadaných úkolů a aktivní zapojení do předepsaných postupů jasně ukázaly, že toto téma, na které se často ve výuce nedostane, je opravdu zajímavé a má potenciál studenty upoutat. K dalšímu vzdělávání by také měly sloužit i čtyři výukové prezentace. Tři z nich jsou zaměřeny na hlubší popis jednotlivých druhů rostlinných pohybů a čtvrtá celé téma jednoduchou formou shrnuje.

Předkládaná bakalářská práce by mohla být dobrým východiskem pro eventuelní navazující práci magisterskou, která by se zabývala šetřením a vyhodnocením znalostí u studentů středních škol v dané problematice.

5 Seznam použité literatury

ARTECA, R., N. *Plant growth substances: Principles and applications*. Springer, 1996. 352 s. ISBN 978-0-412-03911-9.

ATWELL, B., KRIEDEMANN, P., TURNBULL C. *Plants in Action: Adaptation in Nature Performance in Cultivation*. South Yarra: MacMillan, 1999. 664 s. ISBN 0-7329-4439 2.

BLACK, M., DEREK BEWLEY, J., HALMER, P. *The encyclopedia of seeds: Science, technology and uses*. Wallingford, UK: CABI, 2006. 828 s. ISBN 0-85199-723-6.

DARWIN, C., DARWIN, F. *The power of movement in plants*. New York: D. Appleton and Company, 1881.

DITOMASO, J., M., HEALY, E., A. *Weeds of California and Other Western States*. University of California, 2007. 1108 s. ISBN 978-1-879906-69-3.

DITOMASO, J., M., HEALY, E., A. *Aquatic and Riparian Weeds of the West*. University of California, 2003. 442 s. ISBN 978-1-879906-59-4.

FENNER, M., THOMPSON, K. *The ecology of seeds*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2005, 250 s. ISBN 0-521-65368-1.

GILROY, S., MASSON, P., H. *Plant tropism*. Blackwell publishing, 2008. 207 s. ISBN 978-0-8138-2323-2.

GUTTERMAN, Y. *Survival strategies of annual desert plants*. Springer, 2002. 348 s. ISBN 3-540-43172-1.

HNILIČKA, F. *Praktická cvičení ze základů fytotechniky: část botanika a fyziologie rostlin*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2009. 92 s. ISBN 978-80-213-1205-0.

HOLUBOVÁ, R. *Praktikum z fyziologie I.: Základy ve 100 pokusech*. Brno: Masarykova univerzita, 1997. 79 s. ISBN 80-210-1680-9.

CHAN, E. *Handy pocket guide to tropical plants*. Singapore : Periplus, 2003, 64 s. ISBN 0-7946-0192-8.

INGROUILLE, M., EDDIE, B. *Plants: Diversity and evolution*. Cambridge University Press, 2006. 466 s. ISBN 978-0521-79097-0.

KINCL, M., KRPEŠ V. *Základy fyziologie rostlin*. Ostravská univerzita: Montanex, 2000. 221 s. ISBN 80-7225-041-8.

JEŽEK, Z. *Masožravé rostliny*. Praha: KVĚT, 1997. 64 s. ISBN 80-85362-27-9.

KINCL, M., FAUSTUS, L. *Základy fyziologie rostlin*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1978. 168 s. ISBN 14-752-78.

LACK, A., EVANS, D. *Plant biology*. New York: Taylor & Francis, 2005. 351 s. ISBN 0-4153-5643-1.

LUŠTINEC, J., ŽÁRSKÝ, V. *Úvod do fyziologie vyšších rostlin*. Univerzita Karlova v Praze: Nakladatelství Karolinum, 2005. 262 s. ISBN 80-246-0563-5.

MARES, M., A. *Encyclopedia of deserts*. University of Oklahoma Press, 1999. 672 s. ISBN 9780806131467.

MASAROVÍČOVÁ, E., REPČÁK, M., ERDELSKÝ, K., GAŠPARÍKOVÁ, O., JEŠKO, T., MISTRÍK, I. *Fyziológia rastlín*. Bratislava: Univerzita Komenského, 2008. 308 s. ISBN 978-80-223-2470-0.

MAUSETH, J., D. *Plants and people*. Burlington: Jones & Bartlett Publishing, 2012. 497 s. ISBN 978-1-4496-5717-8

MIKULKA, J., KNEIFELOVÁ, M., UHLÍK J., MARTINKOVÁ Z., SOUKUP J. *Plevelné rostliny*. Praha: Profi Press, 2005. 148 s. ISBN 80-86726-02-9.

ÖPIK, H., ROLFE, S. *The Physiology of Flowering Plants*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. 392 s. ISBN 978-0-521-66251-6.

OPRAVIL, E. *Jak rostliny cestují*. Praha: Albatros, 1987. 324 s. ISBN 13-802-87.

OTTOLINE, L., DAY, S. *Mechanisms in plant development*. Oxford: Blackwell Science, 2003. 241 s. ISBN 0-86542-742-9.

PAZDERA, J. *Kudu znečišťuje prostředí ozonem a škodí zdraví* [online]. Publikováno 19. 5. 2010. Dostupné z : <<http://www.osel.cz/index.php?clanek=5055>> [Citováno 3.3.2012].

PROCHÁZKA S., MACHÁČKOVÁ I., KREKULE J., ŠEBÁNEK J., GLOSER, J., HAVEL, L., NÁTR, L., PRÁŠIL, I., SLADKÝ, Z., ŠANTRŮČEK, J., TESAŘOVÁ, M., VYSKOT, B. *Fyziologie rostlin*. Praha: Academia, 1998. 484 s. ISBN 80-200-0586-2.

PSOTA, V., ŠEBÁNEK, J. *Za tajemstvím růstu rostlin: Návod k experimentům*. Praha: Scientia, 1999. 187 s. ISBN 80-7183-093-3.

PUSHKAR, K. 2004. Seed dispersal. *Competition science vision*, sv. 7, č. 77, s. 664 – 666. Dostupné z: <<http://books.google.cz/books?id=yugDAAAAMBAJ&printsec=frontcover&hl=cs#v=onepage&q&f=false>>. [Citováno 10. 5. 2012].

RASTOGI, V., B. KISHORE, B. *A complete course in ISC biology*. New Delhi: Pitambar publishing company, 2009. 201 s. ISBN 81-209-0823-6.

RASTOGI, V., B. *Modern biology: Vol. 1*. New Delhi: Pitambar publishing company, 2004. 251 s. ISBN 81-209-0442-7.

Rámcový vzdělávací program pro gymnázia. [online]. Praha: Výzkumný ústav pedagogický v Praze, 2007. 100 s. Dostupné z: <http://www.vuppraha.cz/wp-content/uploads/2009/12/RVPG-2007-07_final.pdf>. ISBN 978-80-87000-11-3. [cit. 2012-06-20].

SECKBACH, J., DUBINSKY, Z. *All flesh is grass plant: Plant – Animal interrelationships*. Springer, 2011. 531 s. ISBN 978-90-481-9315-8.

SCOTT, P. *Physiology and behaviour of plants*. United Kingdom: Wiley, 2008. 318 s. ISBN 978-0-470-85024-4.

SCHULZE, E., D., BECK, E., MÜLLER – HOHENSTEIN, K. *Plant ecology*. Berlin: Springer, 2002. 702 s. ISBN 978-3-540-20833-4.

SLAVÍKOVÁ, J. *Ekologie rostlin*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1986. 366 s. ISBN 14-446-86.

SOLOMON, E., P., BERG, L., MARTIN, D. *Biology*. Brooks Cole, 2004. 1248 s. ISBN 978-0534492762.

STILES, W. *Principles of plant physiology*. Discovery Publishing House, 2006. 624 s. ISBN 81-7141-247-5.

ŠETLÍK, I., SEIDLOVÁ, F., ŠANTRŮČEK, J. *Fyziologie rostlin*. Biologická fakulta Jihočeské univerzity, 2004. Dostupné z: <<http://web.natur.cuni.cz/biochem/kucera/rostliny/is/fyzros.html>>. [Citováno 9. 6. 2012].

ŠETLÍK, I. *Transport v rostlinách I. Přednáška*. České Budějovice: JČE, 2008.

TEMPLE, S., A. 1977. Journal. *Plant-animal mutualism : coevolution with Dodo leads to near extinction of plant*, sv. 197, č. 4306, s. 885 – 886. Dostupné z: <<http://www.ecologia.unam.mx/laboratorios/comunidades/pdf/pdf%20curso%20posgrado%20Elena/Tema3/mutualismos/Temple1977.pdf>>. [Citováno 10. 5. 2012].

VAN RHEEDE VAN OUDTSHOORN K., VAN ROOYEN M. W. *Dispersal Biology of Desert Plants*. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1999. 242 s. ISBN 3-540-64886-0.

VINCENT, P. *The biogeography of the British Isles*. London: Routledge, 1990. 320 s. ISBN 0-415-03470-1.

WASEL, Y., ESHEL A., KAFKAFI U. *Plant roots : the hidden half*. New York: Marcel Dekker, 2002. 1120 s. ISBN 0-8247-0631-5.

WENT, F., W. *On growth-accelerating substances in the coleoptile of Avena sativa*. Amsterdam: Proceedings Koninklijke Akademie, 1926.

WITMER, M. C., CHEKE, A., S. 1991. Oikos. The Dodod and the Tambalacoque tree : an obligate mutualism reconsidered, sv. 61, č. 1, s. 133 – 137. Dostupné z: <<http://dodobooks.com/wp-content/uploads/2012/01/WitmerCheke-1991-Dodo-Tambalacoque.pdf>>. [Citováno 2. 6. 2012].

WITZANY, G., BALUŠKA, F. *Biocommunication of plants*. Springer, 2012. 386 s. ISBN 978-3-642-23523-8.

6 Seznam příloh

Příloha 1 - Ukázka vyplněného protokolu – hygroskopické pohyby.

Příloha 2 – Ukázka vyplněného protokolu – termonastie.

Příloha 3 – Výuková prezentace – Pohyby rostlin (viz CD).

Příloha 4 - Výuková prezentace - Pasivní pohyby rostlin (viz CD).

Příloha 5 - Výuková prezentace – Aktivní pohyby rostlin I (viz CD).

Příloha 6 - Výuková prezentace – Aktivní pohyby rostlin II (viz CD).